

HAND SPINNER 37,2°C AVIONS-LANCEURS BALEINES ORIGINE DES CHATS
KYCHTYM GUÉRIR DU DIABÈTE MUSCLES FEUX DINOSAURES SÈCHE-LINGE

SEPTEMBRE 2017 N° 1200 MONDADORI FRANCE

SCIENCE & VIE Sèche-linge à ultrasons
Diabète Aînés Baleines Température de nos cellules
Cycle solaire Un jour le temps va s'arrêter
Viande N° 1200 - Septembre 2017

UN JOUR LE TEMPS VA S'ARRÊTER

DEUX MESURES CHANGENT
LE DESTIN DE L'UNIVERS



DOSSIER SPÉCIAL

VIANDÉ

ENVIRONNEMENT
SANTÉ
BIEN-ÊTRE ANIMAL

FAUT-IL ENCORE EN MANGER ?



AÎNÉS

ILS SONT
BIOLOGIQUEMENT
DIFFÉRENTS !

VACCINS
OBLIGATOIRES

UNE FAUSSE
BONNE IDÉE ?

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



M 02578 - 1200 - F: 4,50 € - RD

NOUVELLE PEUGEOT 308

AUGMENTED TECHNOLOGY*



À PARTIR DE
239 €/MOIS⁽¹⁾

APRÈS UN 1^{ER} LOYER DE 2 500 €
ENTRETIEN ET PIÈCES D'USURE OFFERTS

NOUVELLE BOÎTE AUTOMATIQUE 8 RAPPORTS**
NAVIGATION 3D CONNECTÉE ET PEUGEOT CONNECT PACK**
AIDES À LA CONDUITE DERNIÈRE GÉNÉRATION**

*TECHNOLOGIE AUGMENTÉE. **DE SÉRIE OU OPTION SELON FINITION.

(1) En location longue durée sur 37 mois et pour 30 000 km. Exemple pour la location longue durée (LLD) d'une Nouvelle PEUGEOT 308 Allure 1,2L PureTech 110 S&S BVM5 BC neuve, hors options, incluant l'entretien, les pièces d'usure et l'assistance offerts pendant 37 mois. Montants exprimés TTC et hors prestations facultatives. **Modèle présenté : Nouvelle PEUGEOT 308 GT 1,6L THP 205 S&S BVM6, hors options : 309 €/mois après un 1^{er} loyer de 3 200 €.** Offre valable du 01/09/2017 au 31/10/2017, réservée aux personnes physiques pour un usage privé pour toute LLD d'une nouvelle PEUGEOT 308 neuve dans le réseau PEUGEOT participant, sous réserve d'acceptation du dossier par CREDIPAR, loueur et SA au capital de 138 517 008 €, RCS Nanterre n° 317 425 981, ORIAS 07004921-9, rue Henri-Barbusse 92230 Gennevilliers. Offre non valable pour les véhicules au prix PEUGEOT Webstore. Le PCS Entretien Plus peut être souscrit indépendamment de toute LLD aux conditions disponibles dans le réseau PEUGEOT participant.



PEUGEOT

PEUGEOT RECOMMANDÉ TOTAL

Consommation mixte (en l/100 km) : de 3,1 à 6. Émissions de CO₂ (en g/km) : de 82 à 139.

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.



PIÉMENT CLASSIC
Le grand confort
Stressless®



PIÉMENT SIGNATURE
La sensation de flotter
dans les airs



PIÉMENT ÉTOILE
L'alliance du confort
et du design



NOUVEAU
Repose-pied
intégré



Stressless®

THE INNOVATORS OF COMFORT™⁽¹⁾

S'offrir

un fauteuil d'une excellente qualité 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.

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.

Revendeurs et catalogue sur
www.stressless.fr

 suivez-nous sur
Facebook

EKORNES®

meilleurtaux.com

C'EST AUSSI

250
agences



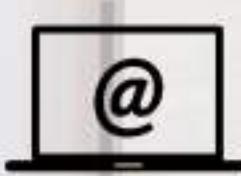
Albi
Aix-en-Provence Alès Alençon Amiens
Annemasse Antony Argentan Argenteuil Armentières Arras Asnières
Aubagne Aulnay-sous-Bois Auray Aurillac Avignon Avranches Bayonne Beauvais
Belfort Bergerac Béthune Béziers Bidart Blagnac Boissy-Saint-Léger Bordeaux
Boulogne-sur-Mer Boulogne-Billancourt Bourg-en-Bresse Bourgoin-Jallieu Brest Brie-Comte-Robert
Brignoles Brive-la-Gaillarde Brumath Bussy-Saint-Georges Caen Cagnes-sur-Mer Cahors Calais Cambrai
Cannes Carcassonne Carhaix Casteinaudary
Châlons-en-Champagne Cenon Chambray-les-Tours
Chartres Châtellerault Chauny Chaville Chilly-Mazarin
Clermont-de-l'Oise Concaveau Cherbourg
Corbeil-Essonnes Coulommiers
Dreux Dunkerque Eine Enghien
Figeac Flers Gap Fontainebleau
Goussainville
Grenoble
Haguenau
La Défense
Ivry-sur-Seine
La Rochelle Nord Le Havre
Lannion La Teste de Buch Lamballe
Libourne Lens Le Plessis-Trévise Le
Levallois-Perret Limoges Limoux Lissieux
Lunéville Lyon-Charpennes Lyon-Saxe
Marseille-Castellane Marseille-Saint-Barnabé
Mérignac Metz Monistrol Mont-de-Marsan
Montigny-le-Bretonneux Montpellier
Moriax Mulhouse Nancy Nantes Narbonne
Nice-Jean-Médecin Niort
Noisy-le-Grand Obernai Orange Orléans
Paris1 Paris6 Paris8 Paris10 Paris11
Paris14 Paris15 Paris17 Paris18
Perpignan Pierrelatte Poissy
Pontault-Combault Pontoise
Reims-Pommery Rennes
Rodez Rouen Roubaix Rueil-Malmaison
Saint-Brieuc Saint-Denis Saint-Dié-des-Vosges Saintes Saint-Etienne Saint-Germain-en-Laye Saint-Lo
Saint-Malo Saint-Maur-des-Fossés Saint-Nazaire Saint-Paul-lès-Dax Saint-Quentin Saint-Raphaël
Saint-Renan Sarcelles Sarlat Sarrebourg Samerquemines Sartrouville Saverne Sélestat Sète
Six-Fours-les-Plages Soissons Strasbourg Tarare Tarbes Taverny Thionville
Thonon-les-Bains Toul Toulouse Tours Troyes Tulle Val-d'Yerres
Valenciennes Vannes Versailles Valence
Villefranche-sur-Saône Vincennes
Verdun



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).



Serge Brunier
s.brunier@mondadori.fr

Comme un grain de sable

C'est tout le paradoxe de la cosmologie: les spécialistes brassent les milliards d'années-lumière et de galaxies, mais ils savent que le destin du cosmos tient à un rien, à une très légère différence pour tel ou tel paramètre. Alors quand deux équipes annoncent des valeurs nouvelles et discordantes pour la vénérable constante de Hubble, clé de voûte de l'ensemble du domaine, j'ai pensé qu'il fallait appeler quelques experts. Le destin de l'Univers en dépend...



Nathalie Picard
n.picard@mondadori.fr

La science appelée à la barre

La viande est aujourd'hui sur le banc des accusés. Côté partie civile, des consommateurs, des organisations de protection environnementale, des associations de défense des animaux listent des chefs d'accusation variés, liés tant à l'environnement qu'à la santé ou au bien-être animal. Mais la défense, constituée des acteurs de la filière, crie aux faux arguments. Les deux parties s'écharpent à coup de chiffres et de rapports. Et qu'en dit la science ? Notre dossier propose d'éclairer ce débat houleux.

DR



Caroline Tourbe
c.tourbe@mondadori.fr

Histoires de famille

Plus aventureux que les autres ? Plus obéissant que ses frères et sœurs ? Nous avons tous en tête des histoires de famille comparant les premiers-nés aux cadets et aux benjamins. Si le sujet est exploré depuis longtemps par les sciences sociales, voilà que la biologie s'y attelle. Et nous révèle que le premier enfant qui grandit dans le ventre d'une mère porte bien une empreinte différente des autres. A la rédaction, composée de 51 % de premiers-nés (enfants uniques ou aînés), le sujet a suscité de longues discussions... Parions que ce sera aussi le cas lors de votre prochaine réunion familiale !

10 **Forum****Actus**16 **Labos**

Une étoile explose de façon symétrique ; les grains ont leur loi universelle ; les tardigrades survivraient à un cataclysme cosmique...

26 **Environnement**

Notre planète brûle de moins en moins ; les tempêtes de sable sont des nids de bactéries...

32 **Médecine**

Le placenta est source d'inégalité entre jumeaux ; une mutation favorise la longévité des hommes...

36 **Technos**

Un robot en kit se déplace sans moteur ; un téléphone qui fonctionne sans batterie...

Événement42 Environnement, santé, bien-être animal...
Faut-il encore manger de la viande ?**A la Une**54 **Destin de l'Univers**
UN JOUR LE TEMPS VA S'ARRÊTER
62 Deux mesures qui changent tout
68 Le rôle clé d'une énergie fantôme**Science & découvertes**72 Astrophysique
Le cycle solaire enfin élucidé
75 Biologie
50°C: c'est la vraie température au cœur de nos cellules
78 Evolution
Baleines: voici pourquoi elles sont devenues géantes
82 Pédiatrie
Aînés: ils sont biologiquement différents**Science & techniques**

88 Satellites

La grande bataille des avions-lanceurs

94 Maladie chronique

Guérir du diabète: les trois pistes

100 Appareil électroménager

Sèche-linge: les ultrasons vont tout changer**Science & futur**104 Des satellites promettent d'évaluer l'état des villes ; des microalgues à l'assaut du CO₂ ; le concept d'avions-taxis est en train de prendre forme ; le TGV devrait bientôt gagner en autonomie ; un terminal de ferries, véritable îlot de verdure flottant, est à l'étude ; de nouveaux bitumes antibruit vont être testés ; un drone pour assister les sauveteurs en mer ; projet d'une tour où les logements sont des capsules amovibles...**La science & la vie****Science & société**112 Calendrier vaccinal : l'obligation, un remède contre la méfiance ?
116 Folie du hand spinner : d'où nous vient ce besoin de toujours occuper nos mains ?
118 Examens scolaires : l'anxiété des élèves n'influe pas toujours sur les résultats**Science & vie pratique**120 Bon à savoir
122 Technofolies**Science & culture**126 Questions/Réponses
130 A voir / à lire
132 Il y a... 60 ans : Kychtym, le premier grand accident nucléaire

Forum

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

Les autistes aussi ont une forme différente d'intelligence

Dans votre dossier sur les algorithmes (n°1198), vous donnez l'exemple de ce réseau de neurones profond qui détermine si des volets sont ouverts ou non en observant la lumière dans la pièce et non pas directement les volets. Vous parlez d'une intelligence quasi extraterrestre. Certes, la plupart des gens regarderaient les volets...

mais pas certains autistes, qui interprètent le monde différemment et sont capables de formidables prouesses intellectuelles.

François Malo, Lyon

S&V Votre référence à l'autisme est très pertinente et interroge en effet les informaticiens sur certaines réactions presque pathologiques des systèmes



UNE NOUVELLE INTELLIGENCE EST NEE

Imaginez une intelligence différente de la nôtre. Qui pense autrement. Regarde le monde d'une façon que nous échappent. Une intelligence extraterrestre ? Sauf que cette intelligence ne vient pas de l'espace : elle est le fruit des nouveaux algorithmes qui équiperont le dernier cri des programmes informatiques. À la clé ? Pour résoudre un problème ou effectuer une tâche, ces algorithmes ont leur propre logique... qui n'est pas la nôtre. Et ça marche ! Voir quel prodige ? Les concepteurs eux-mêmes l'ignorent. Mais c'est bêt : ils sont en train de créer la première intelligence à nous pas été façonnée par des millions d'années d'évolutions. Peut-être maintenant à savoir si on peut se fier à elle.

grés de liberté que, si on les laisse faire, ils apprennent par cœur leurs millions de données d'entraînement, nous explique Vincent Vanhoucke, chercheur à Google. Résultat, le réseau est désemparé face à des données nouvelles, parce qu'elles ne font pas partie de son répertoire. Le robot devient incapable de généraliser ses apprentissages. Et selon Martial Mermilliod, chercheur au Laboratoire de psychologie et neuro-cognition, *“cette capacité à retenir les moindres détails d'un paysage évoque en effet certaines formes d'autisme chez l'humain”*.

“Une intelligence artificielle n'a pas besoin d'être grand clerc pour prendre "conscience" que nous l'avons conçue uniquement pour l'exploiter à notre unique profit.

Jean-Louis Renault, Ayen (19)

“

Et si la Planète X n'existe pas ?



Vous avez publié plusieurs articles sur la traque de la planète X. Si finalement elle n'existe pas, comment expliquer les effets qu'on lui attribue ?

Nicolas Le Cam, internet

S&V On peut les expliquer... difficilement. L'hypothèse d'une planète encore inconnue dans notre système so-

laire, au-delà de Neptune (aussi appelée Planète 9) est née des particularités orbitales de petits objets très lointains, regroupés dans une même région, avec des orbites inclinées dans la même direction. Si ce n'est pas par une planète, une telle configuration pourrait être causée par le passage récent d'une étoile près du système so-

Et le tunnel maritime de Rove, près de Marseille, alors ?

J'ai sursauté en lisant votre article "Norvège: le premier tunnel maritime du monde va sortir de terre" (n°1198, p. 102). Les habitants de Marseille, d'Estaque à Marignane et des environs diront non! C'est faire fi du tunnel du Rove, de la Méditerranée à l'étang de Berre, percé de 1911 à 1926 et inauguré en 1927 par le président de la République Gaston Doumergue. Un tunnel de 7 100 m de longueur et 22 m de largeur, permettant le croisement de deux péniches de 1 500 t. Le trafic y a été arrêté après éboulement de la voûte sur quelque 200 m le 16 juin 1963. Compte tenu des moyens de l'époque, cela représentait un chantier aussi grandiose que le futur tunnel norvégien.

Michel Philis, Caluire-et-Cuire (69)

laire... sauf qu'aucune des étoiles qui nous entourent ne convient.

D'autant que la Planète X s'avère bien pratique pour expliquer, du même coup, d'autres mystères, comme l'orbite insolite des objets transneptuniens Niku et Drak, qui est carrément perpendiculaire au plan du système solaire, ou l'inclinaison de l'axe de rotation du Soleil sur lui-même, qui n'est pas exactement per-

pendiculaire au plan des planètes mais penché de 6°.

Au final, c'est l'accumulation de ce genre d'indices qui rend l'existence de la Planète X plausible. Comme le dit Konstantin Batygin, l'un des plus fervents chasseurs de la planète, "*de mon point de vue, c'est seulement lorsqu'on assemble ces différentes pièces du puzzle que le rasoir d'Ockham tranche en faveur de la nouvelle planète*".

On en reparle

L'événement

Antidouleurs codéinés ALERTE À L'ADDICTION CACHÉE

Pour soulager la douleur, les antalgiques codéinés font aujourd'hui fureur: non seulement ils sont très efficaces, mais ils sont aussi vendus sans ordonnance. Or, le patient l'ignore souvent, ces médicaments créent une véritable dépendance "morphinique". Un état de fait inquiétant, s'alarme Hélène Rambert.

"Aujourd'hui, j'achète un médicament sans ordonnance sans me poser de questions." Ce genre de démenti résonne avec force contre la présomption d'addiction, les pharmaciens démentent et font face quotidiennement à un flot de clients, pris au piège: pour soulager des migraines, des douleurs rhumatismales, des règles de crise, des gencives enflées, de tout malaise.

Le phénomène, de l'effacement progressif des médicaments à la vente sans ordonnance, sans limite de quantité, sans suivi médical, sans évaluation de l'efficacité thérapeutique, a été dénoncé par l'Ordre des pharmaciens de France, qui a déclenché la procédure de révision de la loi. Résultat: que le Codoliprane présente depuis 2009 la mention "risques d'addiction".

1,8 million
de boîtes de Codoliprane vendues en 2009 en France

3,7 millions
de boîtes de Codoliprane vendues en 2013 en France

17,8 %
des personnes en recherche d'antalgiques sont devenues dépendantes l'année dernière

Une explosion des ventes
Les ventes de Codoliprane ont explosé ces dernières années (source: Institut de l'Information Pharmaceutique). Le médicament offre à cette famille d'antalgiques un véritable succès: au total, 17,8% des personnes en recherche d'antalgiques sont devenues dépendantes l'année dernière.

CoDoliprane Adulte 400 mg/20 mg
Sauvage

EFFERALGAN CODEINE

LA CODÉINE EN VENTE LIBRE, C'EST FINI!

Il va désormais être obligatoire de présenter une ordonnance pour acheter des médicaments à base de codéine. Le ministère de la Santé en a décidé ainsi le 12 juillet dernier. Une décision qui prend enfin en compte la dangerosité de ces antidouleurs hautement addictogènes, dont nous avions été parmi les premiers à dénoncer les effets en France (S&V n°1196).

Terminé, donc, l'accès aux Efferalgan codéiné, Codoliprane ou autres Prontalgine et antidouleurs directement au comptoir du pharmacien. Les autorités sanitaires entendent mettre un terme à de nombreux abus et usages détournés de ces médicaments. Leur réaction fait en partie suite au décès d'adolescents dû à la consommation de "purple drank", un cocktail à base de codéine, d'antihistaminique et de soda de plus en plus prisé par les jeunes.

Mais pas seulement, car cette utilisation "festive" des opiacés n'est que la partie immergée de l'iceberg. De nombreux M. et Mme Tout-le-monde, de tout âge, se sont insidieusement retrouvés accros aux anti-douleurs après une première prescription, et contraints de multiplier les achats de comprimés dans les pharmacies. Cette mesure sera pour eux l'occasion de prendre rendez-vous avec leur médecin pour discuter notamment de leur relation problématique à ces molécules. Une excellente nouvelle pour eux et pour la santé publique.

Héloïse Rambert



MINI HATCH. ÉDITION BLACKFRIARS.

Disponible en 3 & 5 portes. Inclus dans l'édition : Toit ouvrant panoramique. GPS écran 6,5".
Bluetooth. Volant multifonctions. Jantes en alliage 17". DéTECTEUR de pluie. Projecteurs Full LED
avec feux de jour Omega. Radar de recul.

À PARTIR DE **295€/MOIS.*** 36 MOIS. SANS APPOINT. ENTRETIEN INCLUS.



*Exemple pour une MINI ONE 102 HATCH 3 Portes Édition Blackfriars. Location Longue Durée sur 36 mois et pour 30 000 km intégrant l'entretien et l'extension de garantie. 36 loyers linéaires : 294,04 €/mois. Offre réservée aux particuliers, valable pour toute commande d'une MINI ONE 102 HATCH 3 portes Édition Blackfriars jusqu'au 30/09/2017 dans les MINI STORES participants. Sous réserve d'acceptation par MINI Financial Services - Département de BMW Finance - SNC au capital de 87 000 000 € RCS Versailles B 343 606 448 TVA FR 65 343 606 448. Courtier en Assurances immatriculé à l'ORIAS n°07 008 883 (www.orias.fr). Consommation en cycle mixte : 4,7 l/100 km. CO₂ : 109 g/km selon la norme européenne NEDC. L'extérieur de ce véhicule comporte des équipements de série ou en option en fonction de la finition. Modèle présenté : MINI COOPER HATCH 5 Portes Édition Blackfriars au prix de 339,41 €/mois. Consommation en cycle mixte selon la norme européenne NEDC : 4,8 l/100 km. CO₂ : 111 g/km.

“ ”

Seuls les sucres ajoutés sont dangereux, non ?

On en reparle



MARS N'A PAS D'ÊTRE CONTAMINÉE

Dans son n°1060 de janvier 2006, *S&V* s'interrogeait sur le nombre de bactéries embarquées depuis les premières missions sur Mars et qui auraient pu subsister sous forme de spores résistantes au froid extrême et à la sécheresse. Les premières estimations de l'époque évoquaient le nombre d'un milliard ! Nous nous interrogeons alors sur le risque d'une contamination qui pourrait anéantir toute recherche de vie.

Selon deux astrobiologistes de l'université d'Edimbourg (Ecosse), ce scénario est peu probable : la surface de Mars est bien plus inhospitale qu'on ne l'imaginait. En cause ? L'effet conjugué des rayons ultraviolets et des perchlorates, des sels de chlore et d'oxygène, qui jonchent le sol martien. Dans des conditions terrestres, ces sels ne sont pas toujours un poison. Mais sur la planète rouge, pas du tout protégée des UV, il en est autrement.

En laboratoire, ces chercheurs ont placé *Bacillus subtilis* – une souche bactérienne qui prolifère dans les engins spatiaux – dans un milieu contenant du perchlorate de magnésium. Ils l'ont bombardé d'UV. Trente secondes plus tard... plus de bactéries ! Les UV confèrent aux perchlorates un fort pouvoir oxydant et donc stérilisant.

Mars ne serait donc qu'une planète stérile ? Pas forcément. Les UV ne sont absorbés qu'en surface. Pour chercher une source de vie martienne, il faudra sans doute aller plus en profondeur. En espérant qu'aucun passager clandestin de nos vieilles missions ne s'y soit déjà glissé... O. Donnars

Dans votre article "Sucré : la grande intox ?" (n°1198), j'ai été perdu sur votre cible. Il m'a semblé être question de la nocivité du sucre ajouté par l'industrie et non du sucre naturellement présent dans la quasi-totalité des aliments. Or vous incriminez le vinaigre balsamique... qui ne contient aucun sucre ajouté. Le raisin est naturellement riche en sucre et la fermentation ne fait qu'augmenter sa concentration : il n'a pas sa place dans l'infographie... Même s'ils doivent tous deux être consommés avec modération, les sucres "naturellement cachés" et les "sucres ajoutés" méritent des traitements différents, surtout dans la littérature scientifique.

Hans Baldzuhn, internet

S&V Vous mettez le doigt sur un vrai débat soulevé par les publications démontrant la nocivité des sucres et en particulier du fructose. Les scientifiques sont en effet divisés : faut-il cibler uni-

quement les sucres ajoutés par l'industrie ou bien l'ensemble des sucres, qui peuvent venir tout simplement de l'hyperconcentration des produits naturels ?

Ce dernier point de vue est en train de progresser : dans le dernier rapport de l'ANSES, il est explicitement précisé que les jus de fruits n'ont pas d'intérêt nutritionnel ou presque. Surchargeés en sucre, ils doivent être considérés comme équivalents aux sodas. Donc plutôt à écarter d'une alimentation saine.

Nous avons en tout cas pensé qu'il n'était pas intéressant pour nos lecteurs de savoir qu'il y avait plus de sucres dans le vinaigre balsamique que dans les sirops, car nous-mêmes l'avons découvert avec stupéfaction et qu'il s'agit d'un aliment très courant. Même si, formellement, ce sucre n'est pas ajouté.

Certains nutritionnistes, du reste, mettent même en garde contre la consommation excessive de certains fruits très sucrés, tels que le raisin.

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

Dans les kiosques

LA VRAI VIE D'ASTÉRIX EN 100 QUESTIONS

Plus jeunes, nous adorions les bastons et le spectacle des Romains déconfits. Nous rêvions de potion magique et de joyeux banquets... Pour ce numéro, nous avons relu les albums. Et c'est avec délices que nous avons goûté aux allusions géopolitiques bien senties et aux anachronismes hardis. Bien sûr que non, 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

MONDADORI FRANCE

RÉDACTION

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

DIRECTEUR DE LA RÉDACTION

Matthieu Villiers,
assisté de Christelle Borelli

RÉDACTEUR EN CHEF

Hervé Poirier

RÉDACTEUR EN CHEF ADJOINT

Grégoire Bouillier (chef d'édition)

DIRECTRICE ARTISTIQUE

Yvonne Diraison

CHEFS DE SERVICE

Valérie Greffoz (rééditrice 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), Bruno Bourgeois

DOCUMENTATION

Marie-Anne Guffroy

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

S.Aquindo, L.Baméoud, K.Bettayeb, P.-Y.Bocquet, X.Boivinet, S.Brunier, B.Crépin, A.Dagan, A.Debroise, G.Depambour, O.Delmas, O.Donnars, S.Devos, L.Drevet, S.Fay, S.Galvan, F.Gracci, M.Grousson, C.Hancock, R.Ikonicoff, S.Iskander, M.Kontente, T.LeHétet, E.Monnier, L.Parra Cravotto, B.Perrin, N.Picard, A.Pihen, C.Plet, A.Rambaud, B.Rey, Y.Sciama, M.Spée, E.Thierry-Aymé, F.deVaugelas, A.Vernet, J.-B.Veyrieras

DIRECTION-ÉDITION

DIRECTION PÔLE

Carole Fagot

DIRECTEUR DÉLÉGUÉ

Vincent Cousin

ABONNEMENTS ET DIFFUSION

DIRECTEUR MARKETING CLIENTS/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

Giliane Dousl, 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)
TRAFIC Stéphane Durand (53 12)

OPÉRATIONS SPÉCIALES

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

FABRICATION

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 : septembre 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

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





Famille

**Tout le monde y trouve
son bonheur, moi j'y trouve
mon compte.**

Pack Open

29€99*
/mois

pendant 12 mois, puis 69,99€/mois

internet + TV + téléphone
+ forfait mobile 30 Go
et jusqu'à 4 forfaits mobile Mini
offerts pendant 12 mois

Au-delà, 1,99€/mois par forfait.



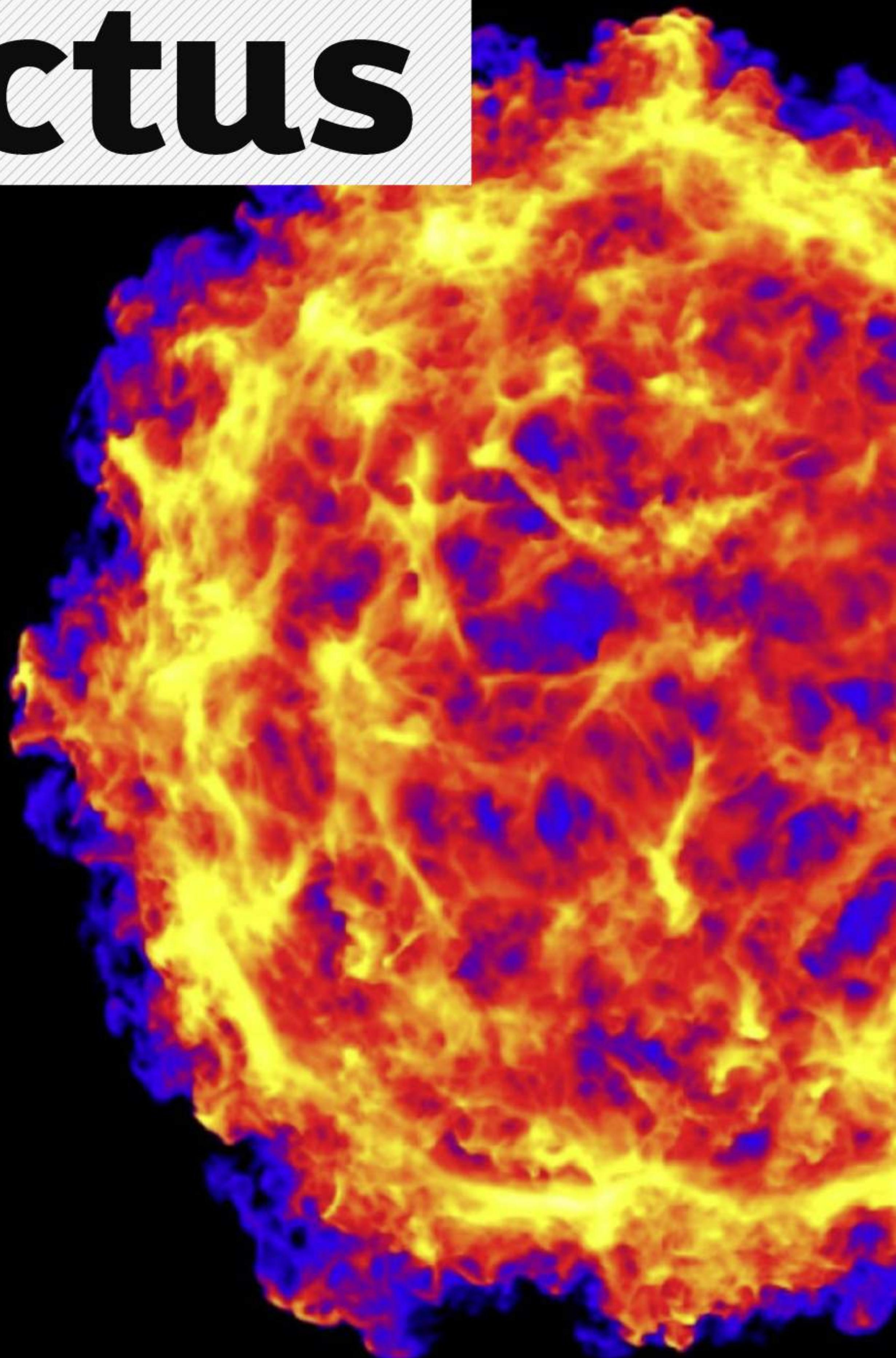
orange™

*Livebox nécessaire, location : +3€/mois.

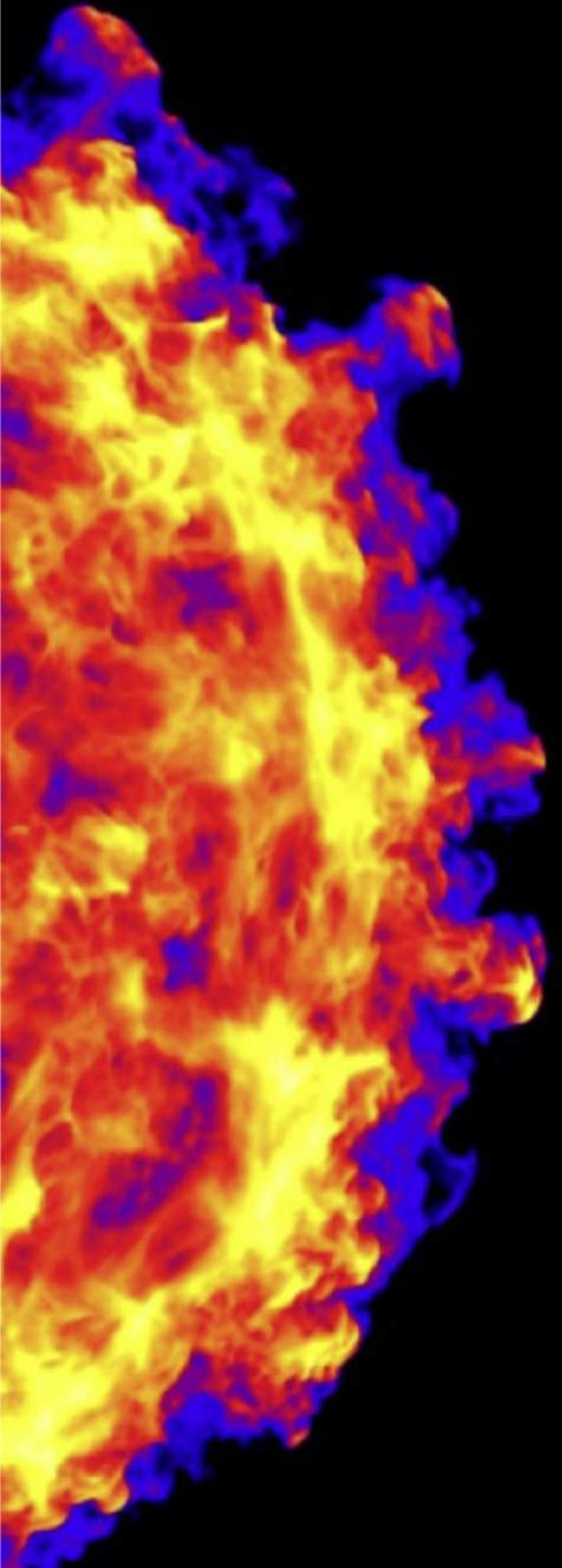
Le prix du Pack Open comprend, pour les nouveaux clients internet et mobile, un remboursement de 30€/mois pendant 12 mois⁽¹⁾. Les forfaits mobile sont réservés aux nouveaux clients à un forfait Mini pour les clients Open⁽²⁾.

Offre soumise à conditions valable en France métropolitaine jusqu'au 04/10/2017 sous réserve d'éligibilité xDSL, indissociable et réservée aux particuliers. Pack Open et les forfaits mobile supplémentaires (réservés à une 1^{re} ouverture de ligne) sont avec un engagement de 12 mois. (1) Soit 15€/mois remboursés pour les nouveaux clients mobile et 15€/mois pour les nouveaux clients internet. Offre réservée aux clients n'ayant pas résilié d'offre internet ou mobile Orange au cours des trois derniers mois à compter du 23/08/2017. Détail et formulaires sur odr.orange.fr. (2) Dans la limite de 4 forfaits mobile par offre Pack Open. Le tarif mensuel du forfait sera majoré de 5€/mois en cas de : résiliation de Pack Open, demande de suppression du rattachement de l'offre Pack Open. Non compatible avec le Programme Changer de Mobile. Kit mains-libres recommandé.

actus



> La supernova de Tycho a été observée en 1572. Plus de quatre siècles plus tard, son explosion vient d'être modélisée.



ASTROPHYSIQUE

UNE ÉTOILE EXPLOSE DE FAÇON SYMÉTRIQUE

Après quinze ans d'accumulation de données, l'explosion de la supernova de Tycho vient d'être modélisée en 3D. Une gageure qui permet, pour la première fois, de reconstituer en détail la mort explosive de cette étoile. A partir d'images du télescope *Chandra*, des chercheurs américains ont sélectionné 57 jets de gaz et ont suivi leur évolution au fil des ans afin de déterminer leurs vitesses respectives en 2D. Pour obtenir des vitesses en 3D, ils ont analysé le spectre de lumière de la supernova et estimé, grâce à l'effet Doppler, l'éloignement ou le rapprochement de chaque jet par rapport à la Terre. *“C’était d’autant plus délicat que l’allure du spectre dépend de la température et de la densité du gaz”*, souligne Brian Williams,

chercheur au Space Telescope Science Institute (Baltimore, Etats-Unis). Or, en moyennant les vitesses de tous les jets de gaz, les chercheurs ont remarqué que l'explosion de la supernova est symétrique. *“Pour savoir si cette symétrie se retrouve dans d’autres explosions, nous envisageons d’étudier une douzaine de supernovae... Mais ce sera long, au moins dix ou quinze ans de travail!”*, poursuit Brian Williams. Le jeu en vaut la chandelle: mieux comprendre les explosions de supernovae apporterait des réponses sur l'évolution de l'Univers et la propagation dans les galaxies d'éléments chimiques issus de ce phénomène, comme le carbone, l'oxygène ou le fer, qui constituent aussi bien notre corps que notre planète!

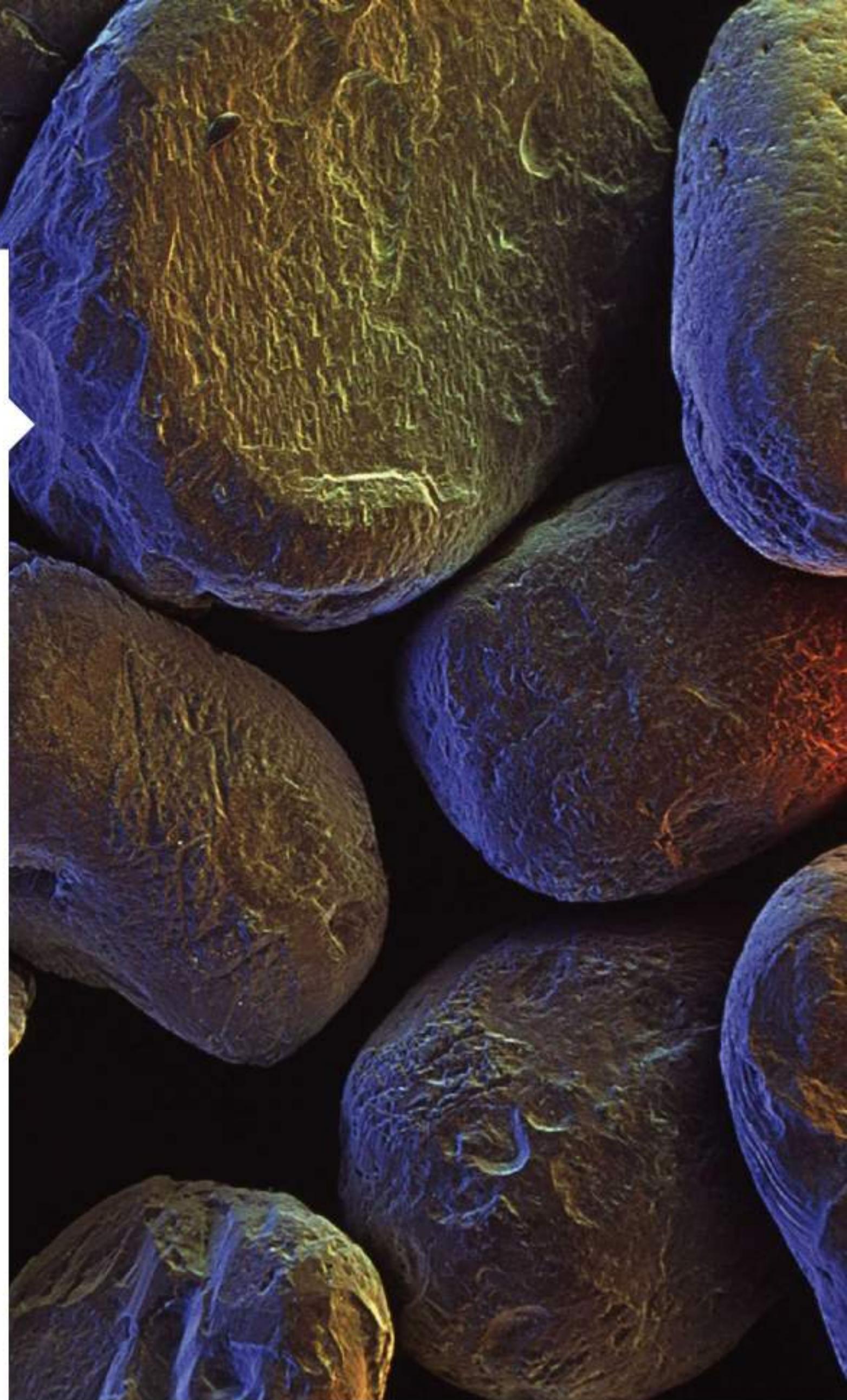
G.D.

PHYSIQUE

LES GRAINS ONT LEUR LOI UNIVERSELLE

La conjecture avait été énoncée en 1989 par le physicien britannique Sam Edwards : quand la matière granulaire – du sable, du gravier, du riz, du café... – s'agrège, tous les agencements possibles des grains dans le tas peuvent se former avec la même probabilité. Elle vient d'être démontrée par simulation numérique. Des chercheurs ont modélisé en 2D le phénomène par 64 sphères dans une enceinte carrée, puis ont étudié leurs mouvements possibles jusqu'à atteindre une configuration stable. *“Il fallait une semaine pour simuler 1 million de déplacements de grains”*,

précise Stefano Martiniani, chercheur à l'université de Cambridge (Royaume-Uni). Lui et son équipe ont alors constaté que la conjecture d'Edwards est bien respectée : dans les tas obtenus, aucune des différentes répartitions possibles des grains n'est privilégiée par rapport à une autre. *“Nous avons désormais l'intention d'affiner notre simulation en étudiant des systèmes en 3D, avec davantage de grains”*, poursuit Stefano Martiniani. Cette avancée théorique ouvre la voie à des applications dans les industries pharmaceutique et alimentaire, où règne la physique granulaire. **G.D.**

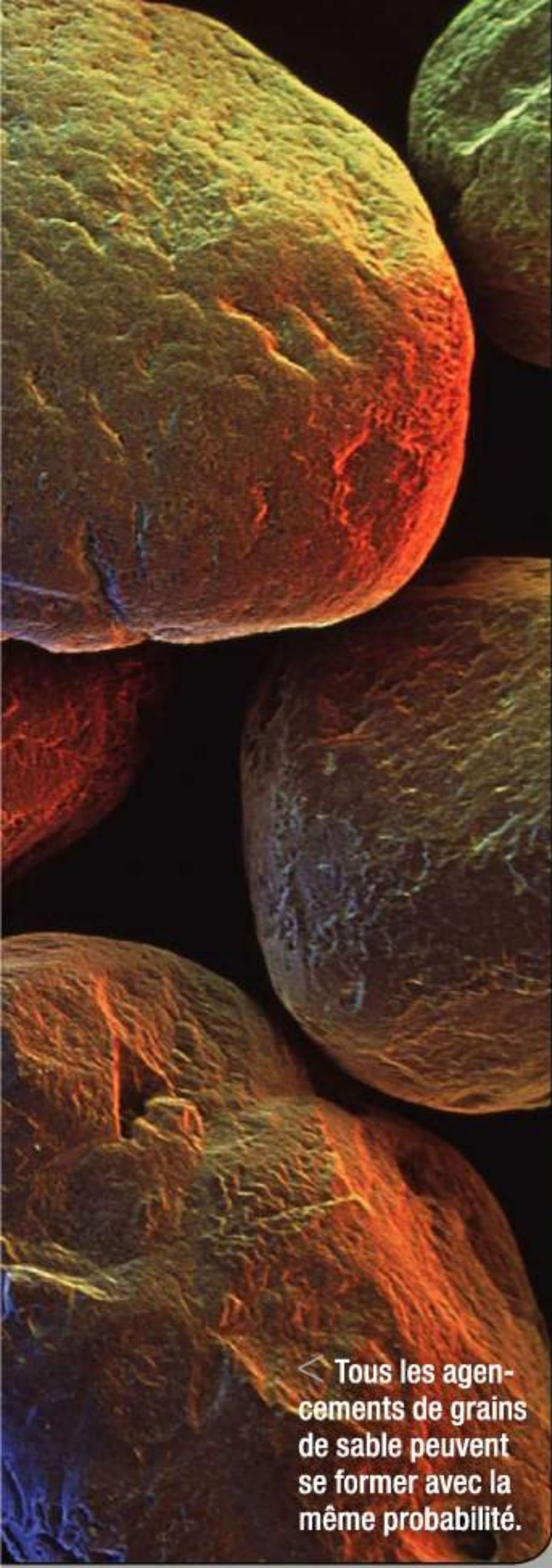


PALÉONTOLOGIE

Certains dinosaures couvaient leurs œufs comme les poules !

Etymologiquement, oviraptors signifie “voleurs d’œufs”. Sauf que ces dinosaures, appartenant à la branche dont sont issus les oiseaux, ne volaient pas les œufs... mais les

couvaient ! Romain Amiot, paléontologue et géochimiste au CNRS de Lyon, et ses collègues l'ont démontré en calculant la température d'incubation d'un œuf contenant des os d'embryons fossilisés. *“Nous nous sommes intéressés au ratio d'isotopes de l'oxy-*



◀ Tous les agencements de grains de sable peuvent se former avec la même probabilité.

gène contenus dans ces os ainsi que dans la coquille." Après de savants calculs, l'équipe a démontré que cette température se situait entre 35 et 40 °C, comme pour les oiseaux couveurs. On découvrira peut-être, un jour, que le T. rex était une vraie mère poule. **T. C.-F.**

D.SCHAFER/SPL/COSMOS - R.AMIOT - SPLAGE FOTOSTOCK

LES "ÉTOILES SPRINTEUSES" VIENNENT D'AILLEURS

Le mystère de l'empressement de ces astres dans la Voie lactée a été élucidé : ils ont été catapultés depuis la galaxie naine voisine, le Grand Nuage de Magellan, suite à l'explosion de leur étoile compagne. **J.-B.V.**

L'INSTINCT DE SENTINELLE PROVOQUE L'INSOMNIE

Une étude menée sur des chasseurs-cueilleurs de Tanzanie révèle que les différences de rythme de sommeil au cours de la vie et entre individus seraient le fruit de l'évolution. Il fut un temps où l'insomnie des uns protégeait le sommeil des autres. **J.-B.V.**

UNE GRENOUILLE RÉORGANISE SON COUPLE

Sur l'île de Bornéo, la femelle *Limnonectes palawanensis* bouleverse les habitudes de son ordre : dans le couple c'est elle qui fait des vocalises, et c'est le mâle qui s'occupe des œufs. **X.B.**

PHYSIOLOGIE ANIMALE

Les tardigrades survivraient à un cataclysme cosmique

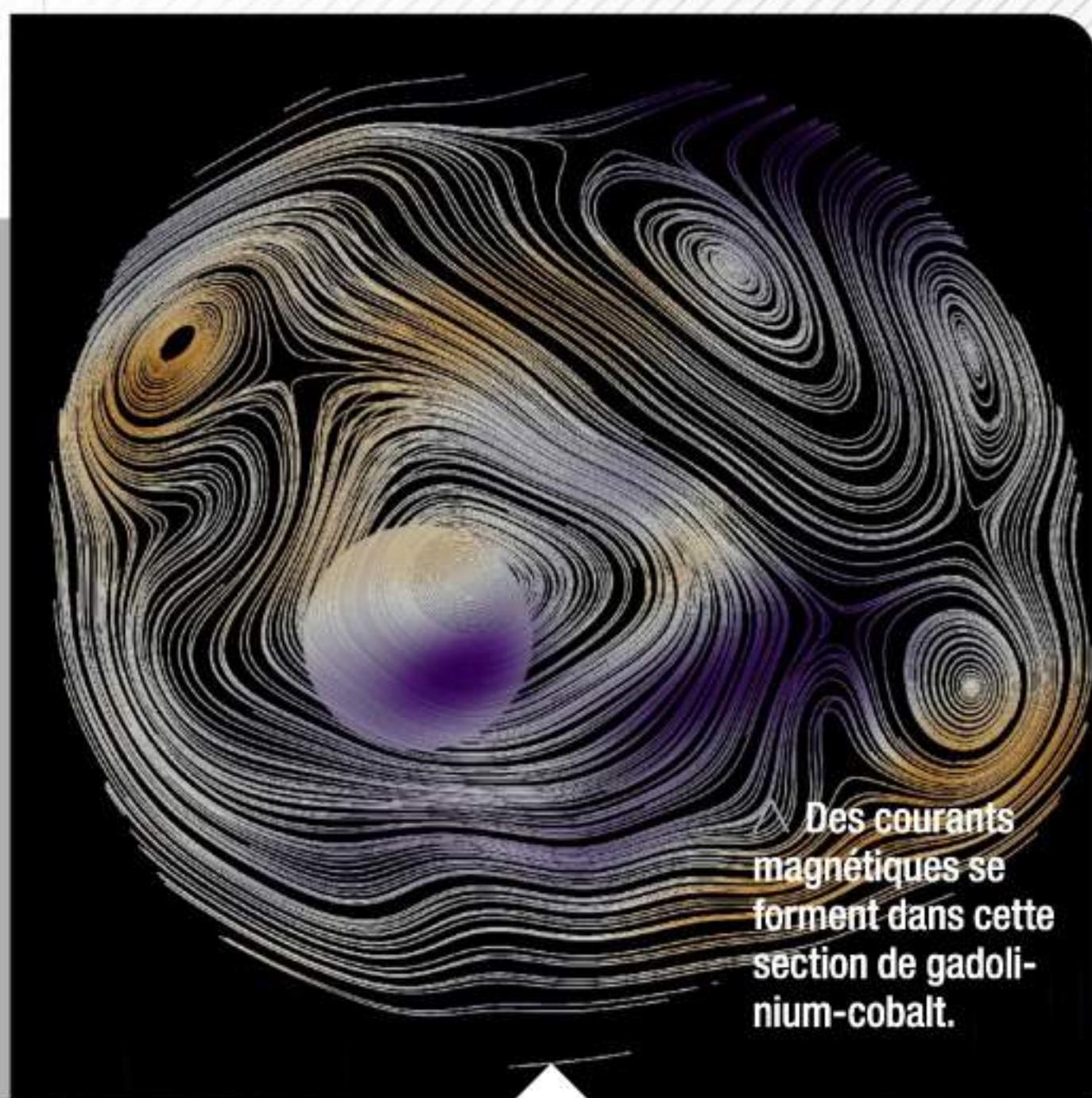
"Et s'il n'en reste qu'un, je serai celui-là." Telle pourrait être la devise cosmique du tardigrade, ou ourson d'eau, ce petit arthropode d'un millimètre de long et 8 pattes, dont les biologistes n'arrêtent pas de découvrir les invraisemblables capacités de survie. Une étude de chercheurs d'Oxford et de Harvard vient de montrer qu'en cas de cataclysme d'origine cosmique frappant la Terre sans la détruire, il y a de très très faibles probabilités que ces animaux disparaissent. Les chercheurs ont soumis des individus de l'espèce *Milnesium tardigradum* à des conditions extrêmes reproduisant la chute d'un astéroïde, l'explosion d'une supernova et un sursaut gamma.

Même si toutes les autres espèces animales (donc hors bactéries) partent en fumée, meurent congelées ou bouillies, sont écrasées sous une énorme pression ou encore s'asphyxient par manque d'atmosphère, le tardigrade, lui, survit. "Il semble que la vie, une fois qu'elle est installée, est difficile à supprimer complètement", souligne David Sloan, coauteur de cette

étude dont l'objet final est la recherche de signes de vie sur d'autres planètes. **R.I.**



▲ L'ourson d'eau : l'espèce la plus résistante du règne animal.



PHYSIQUE

LE MAGNÉTISME DES AIMANTS SE RÉVELE EN 3D

Des chercheurs ont, pour la première fois, reconstitué en détail et en 3D la structure magnétique d'un aimant. De quoi montrer les courants et les tourbillons que forment les orientations magnétiques des atomes de ce matériau, avec une résolution record de 100 nanomètres. Jusqu'à présent, ces structures ne pouvaient être observées avec précision qu'en 2D, sur des films très fins. Pour des échantillons plus volumineux, la précision se dégradait. *"On peut maintenant étudier avec un haut niveau de détails la structure magnétique d'échantillons volumineux"*, souligne Claire Donnelly, chercheuse

à l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich. Associée à des chercheurs de l'Institut Paul-Scherrer (Suisse) et de l'université de Glasgow (Royaume-Uni), elle a bombardé un cylindre de gadolinium-cobalt de 5 micromètres de diamètre avec des rayons X "durs", dont l'énergie leur permet de pénétrer plus facilement dans la matière. L'image 3D a été obtenue à partir de plusieurs coupes en 2D. Avec une telle précision, les chercheurs espèrent relier la microstructure du matériau à son comportement magnétique. De quoi concevoir des aimants adaptés à chaque application. **X.B.**

PHYSIOLOGIE

Les images mentales influent sur nos pupilles

Il suffit de penser à la lumière pour que l'œil soit comme ébloui, ont découvert des chercheurs français et néerlandais, des universités d'Aix-Marseille et de Groningue, en mesurant la pupille de 60 volontaires. Face au mot "nuit", leur pupille se dilate, comme plongée dans l'ombre. Face au mot "soleil", elle se rétracte. *"Notre idée est que le sens des mots évoque des images mentales, qui ont ensuite un effet sur la taille de la pupille"*, suppose Sébastiaan Mathôt, qui a mené l'étude. **X.B.**

> Chaque cacatoès noir a créé sa "partition", véritable signature sonore.

ÉTHOLOGIE

Les cacatoès noirs jouent des percussions

Les cacatoès noirs mâles (*Probosciger aterrimus*), vivant en Australie, tapent contre les arbres avec des bâtons et des gousses de graines pour faire de la musique! C'est ce qu'a révélé l'équipe de John Endler (université Deakin, Australie), en analysant 131 séquences de percussions produites par 18 oiseaux. *"A part les humains, ce sont les seuls animaux à utiliser des outils pour produire de la musique"*, précise le chercheur. Et dans environ 70 % des cas, les mâles se sont mis à jouer quand une femelle était dans les parages. **M.S.**



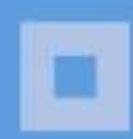
Et si votre lave-vaisselle pouvait préserver l'éclat de votre vaisselle tout en respectant mieux l'environnement ?



Contrairement aux nombreux détergents non écologiques, Trilon® M offre une solution innovante en remplacement des phosphates utilisés dans les détergents pour lave-vaisselle. Son agent chélatant biodégradable assure un nettoyage plus performant. Vous pourrez ainsi apprécier l'éclat de votre vaisselle, lavage après lavage, tout en préservant l'environnement.

Chez BASF, nous créons de la chimie et grâce à cela, nous contribuons à améliorer votre confort.

Pour partager notre vision, rendez-vous sur wecreatechemistry.com

 **BASF**
We create chemistry

50 µm

PHYSIOLOGIE COMPARÉE

LES MUSCLES À FIBRE LENTE SONT LE PROPRIÉTÉ DE L'HOMME

Pour la première fois, des chercheurs américains ont comparé directement les propriétés de nos fibres musculaires avec celles des chimpanzés. Résultat : ces derniers disposent d'environ 67 % de fibres à contraction rapide contre 30 % chez les humains, et en plus elles sont plus longues. *“Les humains font, en fait, office d'exception dans le règne animal, ils ont une fraction particulièrement élevée de fibres*

à contraction lente”, note Matthew O'Neill, de l'école de médecine de l'université d'Arizona (Etats-Unis), premier auteur de l'étude.

Selon les chercheurs, la lignée *Homo* aurait vu ses forces dynamiques décliner lors des 7 à 8 millions dernières années, après une sélection des muscles lents, plus opportuns. *“L'avantage, avec les fibres lentes, c'est qu'elles permettent des comportements contractiles*

répétitifs à faible coût, précise le chercheur. *Et c'est utile pour des activités de longue durée comme la marche ou la course à pied.”* De quoi, aussi, mettre à mal le mythe des chimpanzés dotés d'une force herculéenne. Malgré leur proportion supérieure de fibres musculaires à contraction rapide, les primates sont “seulement” 1,35 fois plus forts que nous. Et beaucoup moins endurants... M.S.

Nos fibres musculaires, majoritairement à contraction lente, nous rendent plus endurants que nos “cousins”

ASTRONOMIE

Les étoiles naissent par deux

Le Soleil, Sirius, Véga... Toutes les étoiles sont nées avec une sœur. Ensuite seulement, le destin les a rapprochées ou séparées à jamais... Steve Stahler, de l'université de Californie (Etats-Unis), en a acquis la conviction en étudiant la forme des cocons gazeux entourant des astres naissants. Et le Soleil n'y échappe pas : *“Il est né avec un compagnon, puis en a été séparé il y a 4 milliards d'années, affirme le chercheur. Ce dernier poursuit depuis sa propre orbite mais à des milliers d'années-lumière de nous”*. B.R.

BACTÉRIOLOGIE

Les bactéries s'allient pour le fer

Peuplé de millions de bactéries, chaque gramme de fromage est un terrain de guerre potentiel. L'enjeu : le fer, denrée si rare dans le lait originel mais vitale pour les bactéries. Or la guerre du fer n'a pas eu lieu. Sous la loupe de chercheurs californiens, ces communautés bactériennes se sont révélées plus partageuses qu'attendu. Les scientifiques ont retracé jusqu'à 4 000 échanges de gènes entre espèces, dont une grande majorité facilite l'acquisition du fer.

J.-B.V.

▼ Dans la tomme de Savoie, la pénurie stimule la coopération.



Roulez avec 16 ingénieurs comme co-pilotes.



Nouvelle Golf R avec 310 chevaux et ses 16 technologies d'assistance.*

Pendant que vous lisez cette phrase, la Nouvelle Golf R veille sur vous. Équipée de ses 4 roues motrices, elle surveille vos arrières, freine automatiquement en cas d'obstacle, vous maintient sur la bonne trajectoire et adapte elle-même vos distances de sécurité, tout ça en même temps. Profitez de la route en toute sécurité.



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 Golf R 2.0 TSI 310 DSG7 4MOTION 3 portes, avec options peinture 'Bleu Lapiz' et jantes 19" 'Spielberg'. *En option selon technologie.

Cycle mixte (l/100 km) : 7,0. Rejets de CO₂ (g/km) : 160.



PALÉOGÉNÉTIQUE

NOS CHATS ONT CHANGE DE ROBE AU PROCHE-ORIENT

Nos matous étaient encore tous tigrés avant le XIII^e siècle. Puis, au Proche-Orient, est apparu un chaton tacheté. C'est ce que révèle l'analyse comparée de l'ADN de chats modernes avec celui de 67 squelettes anciens. *“Il s'agit d'une mutation ponctuelle dans un gène qui contrôle la distribution de mélanine dans le poil”*, explique Eva-Maria

Geigl, coauteure de l'étude avec Thierry Grange, de l'université Paris-Diderot. *“A la différence des autres animaux domestiques, dont la couleur et la forme du pelage ont été très tôt sélectionnées par l'homme en signe d'appropriation, précise ce dernier, le chat a conservé sa forme sauvage pendant au moins 9 000 ans.”* J.-B.V.

Drôle de science

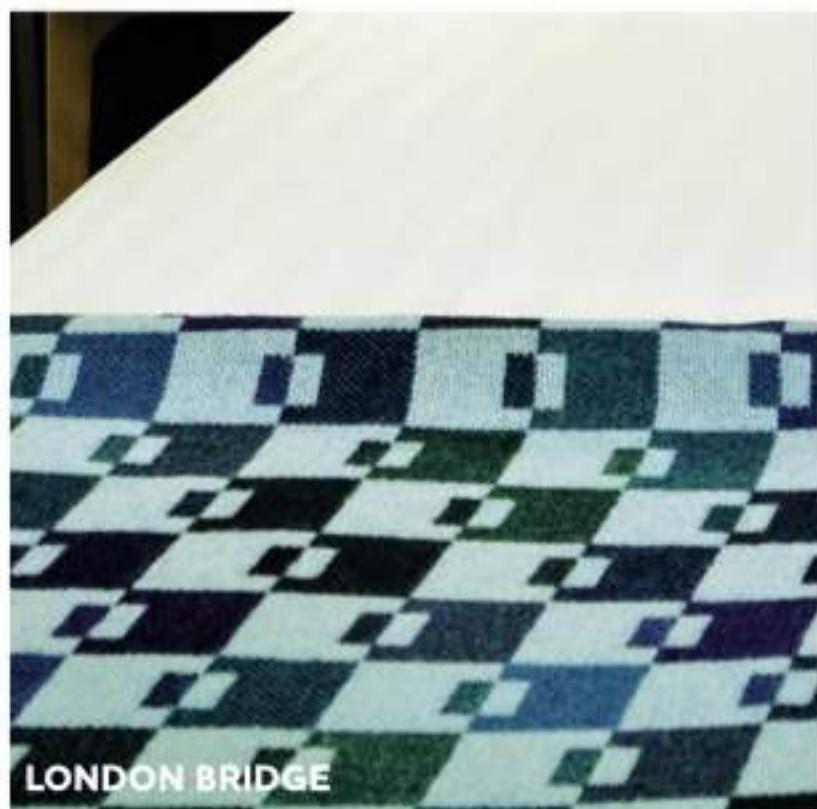
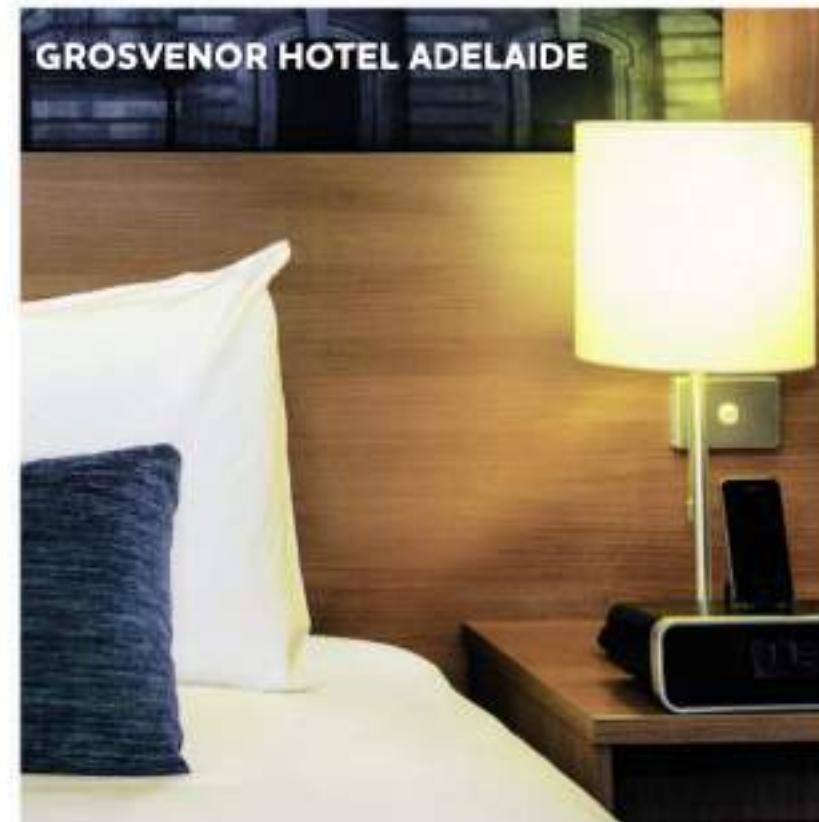
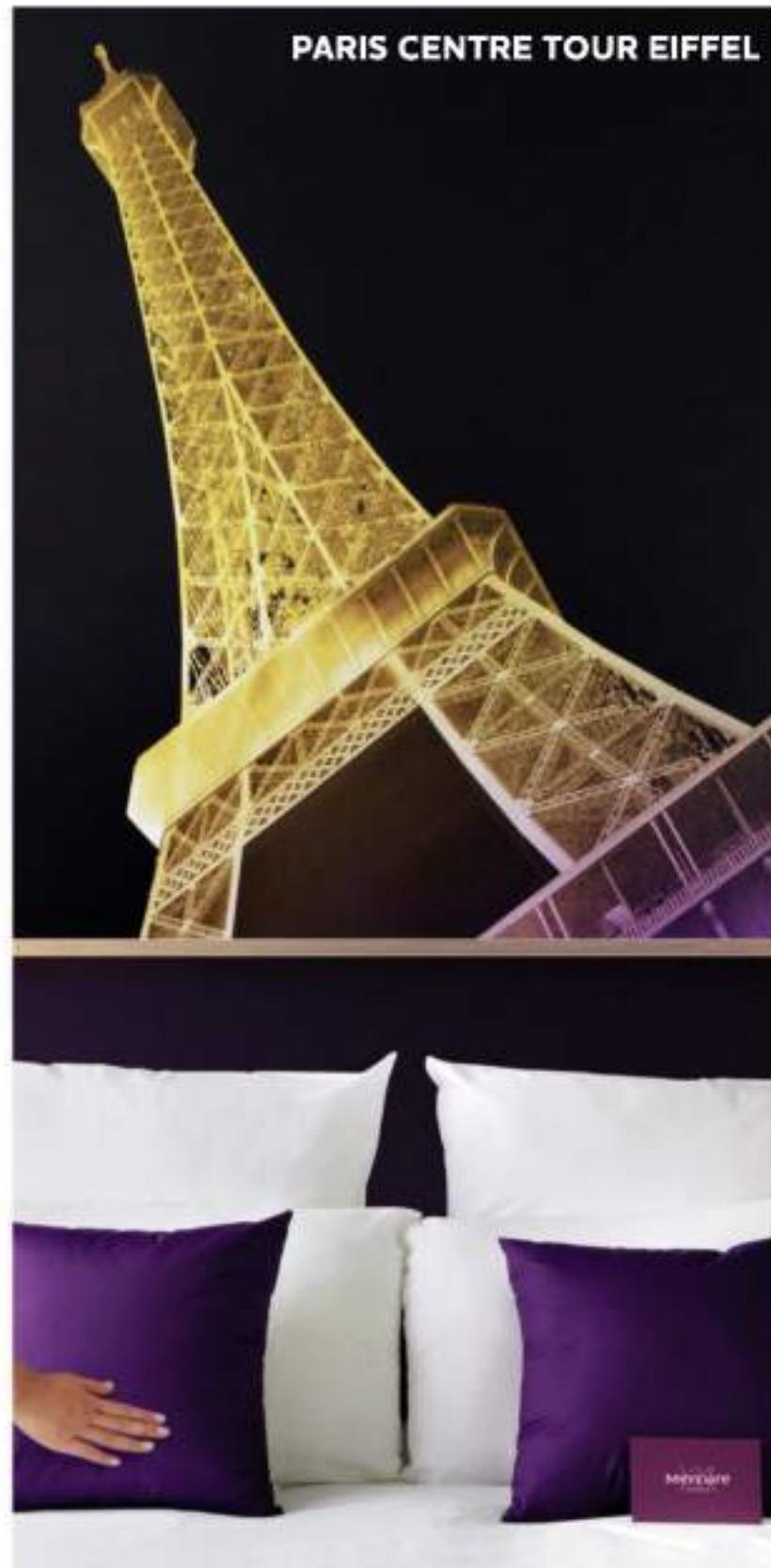


La mécanique des fluides se lance dans le surf

Nick Pizzo, post-doctorant à la Scripps Institution of Oceanography de l'université de Californie (Etats-Unis) a réussi à dompter la vague. Surfeur passionné, le chercheur est parvenu à localiser le point précis d'une vague où la vitesse de l'eau est la plus élevée – le *sweet spot*, comme disent les surfeurs, qui promet la meilleure glisse. Officiellement, l'objectif de ce travail était plus austère : il s'agissait de comprendre comment l'énergie d'une onde se transmet depuis sa base jusqu'à une particule au sommet de sa crête, et, par là même, de mieux comprendre les interactions entre océan et atmosphère, cruciaux pour le développement de modèles climatiques plus précis. La clé pour dénouer l'intrigue : l'équation de John, un outil mathématique plutôt complexe. *“Elle permet de décrire le mouvement individuel de chacun des points de l'onde”*, éclaire Nick Pizzo. Résoudre cette “équation différentielle partielle hyperbolique” lui a permis de localiser avec précision le point d'accélération maximale des particules. Il se situe dans une zone géométrique restreinte, juste à l'avant de la crête. Certes, les *riders* en étaient convaincus, mais jamais la mécanique des fluides n'était parvenue à confirmer l'hypothèse. B.C.

600 millions

C'est, en années-lumière, la taille record du superamas de galaxies découvert par une équipe indienne (université de Pune), dans la direction de la constellation des Poissons. Les astrophysiciens ont compris que ces galaxies, contenant l'équivalent de 20 millions de milliards de soleils, constituaient une seule et même structure, liée par la gravité, qu'ils ont nommée *Saraswati*, en hommage à la déesse indienne gardienne des rivières célestes. M.F.



NOS CHAMBRES VOUS FONT VOIR DU PAYS.

En quelle langue rêverez-vous cette nuit ? À Paris ou à Londres, à Bangkok ou à Johannesburg, votre chambre Mercure ne sera jamais la même. Chaque détail du décor vous raconte une histoire, inspirée par la région, son héritage, sa culture et ses paysages. Et vous, demain matin, vous saurez où vous êtes avant même d'ouvrir les rideaux.

Mercure
HOTELS
VOYAGEZ PLUS VRAI

JUSQU'À **-10 %*** SUPPLÉMENTAIRES EN RÉSERVANT VOTRE CHAMBRE SUR MERCURE.COM OU ACCORHOTELS.COM

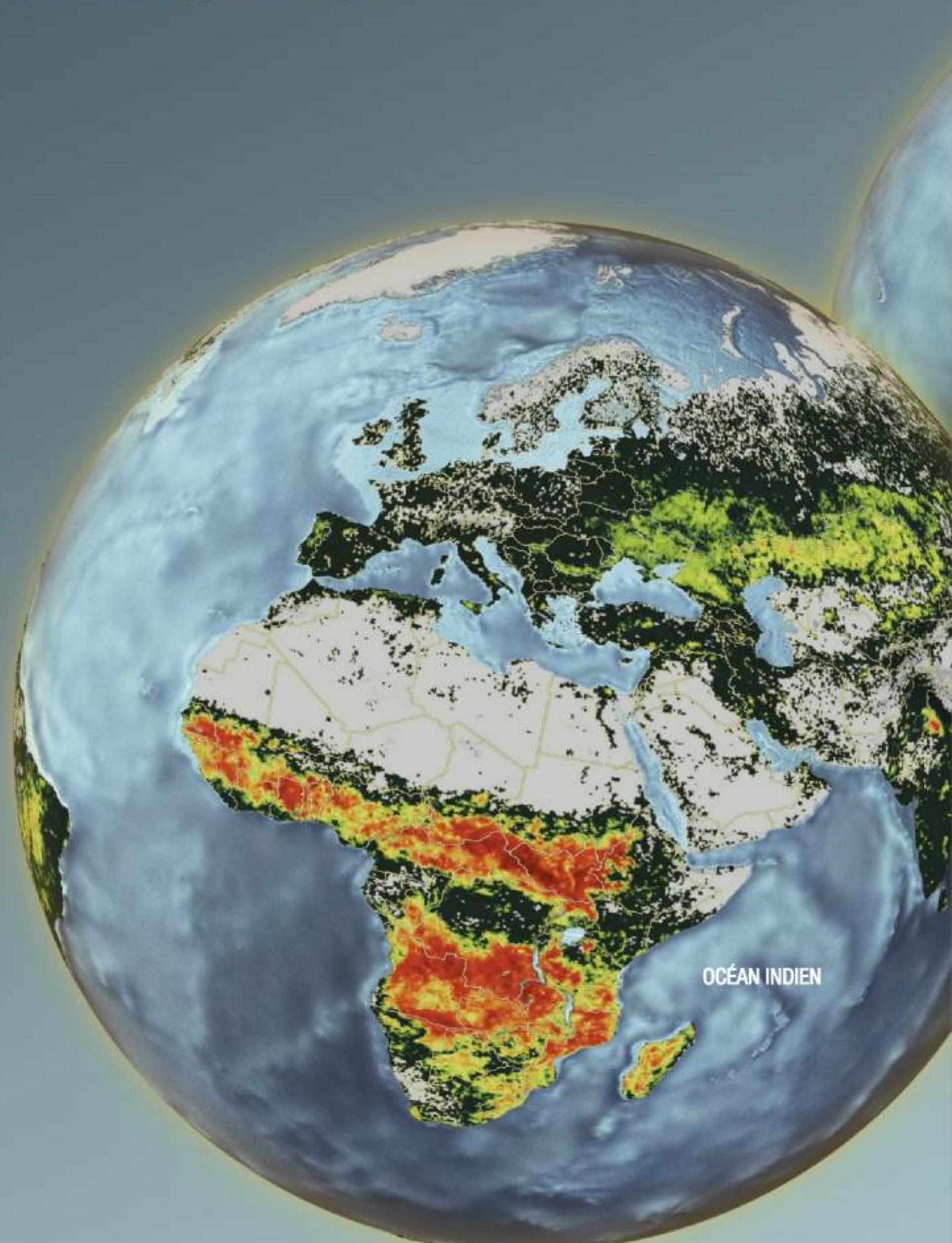
*Offre réservée aux membres "Le Club AccorHotels". La réduction s'applique, sous réserve de disponibilité, sur le tarif public. Voir conditions et liste des hôtels participants sur mercure.com.

ÉCOSYSTÈMES

NOTRE PLANÈTE BRÛLE DE MOINS EN MOINS

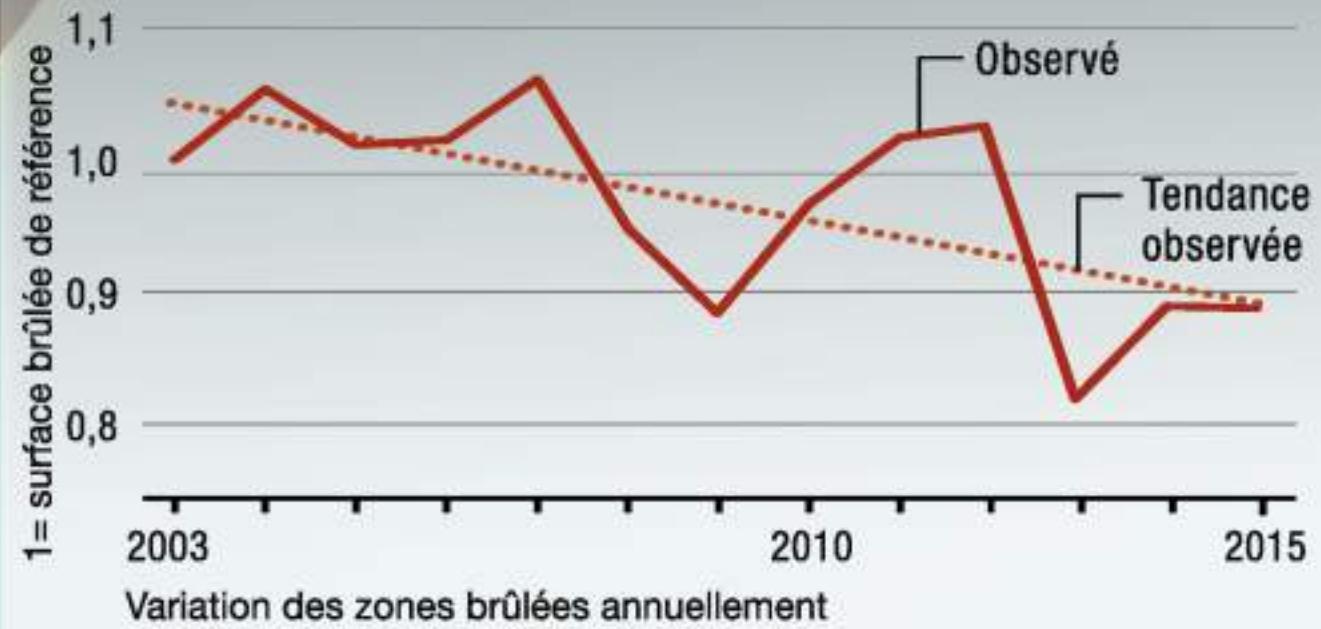
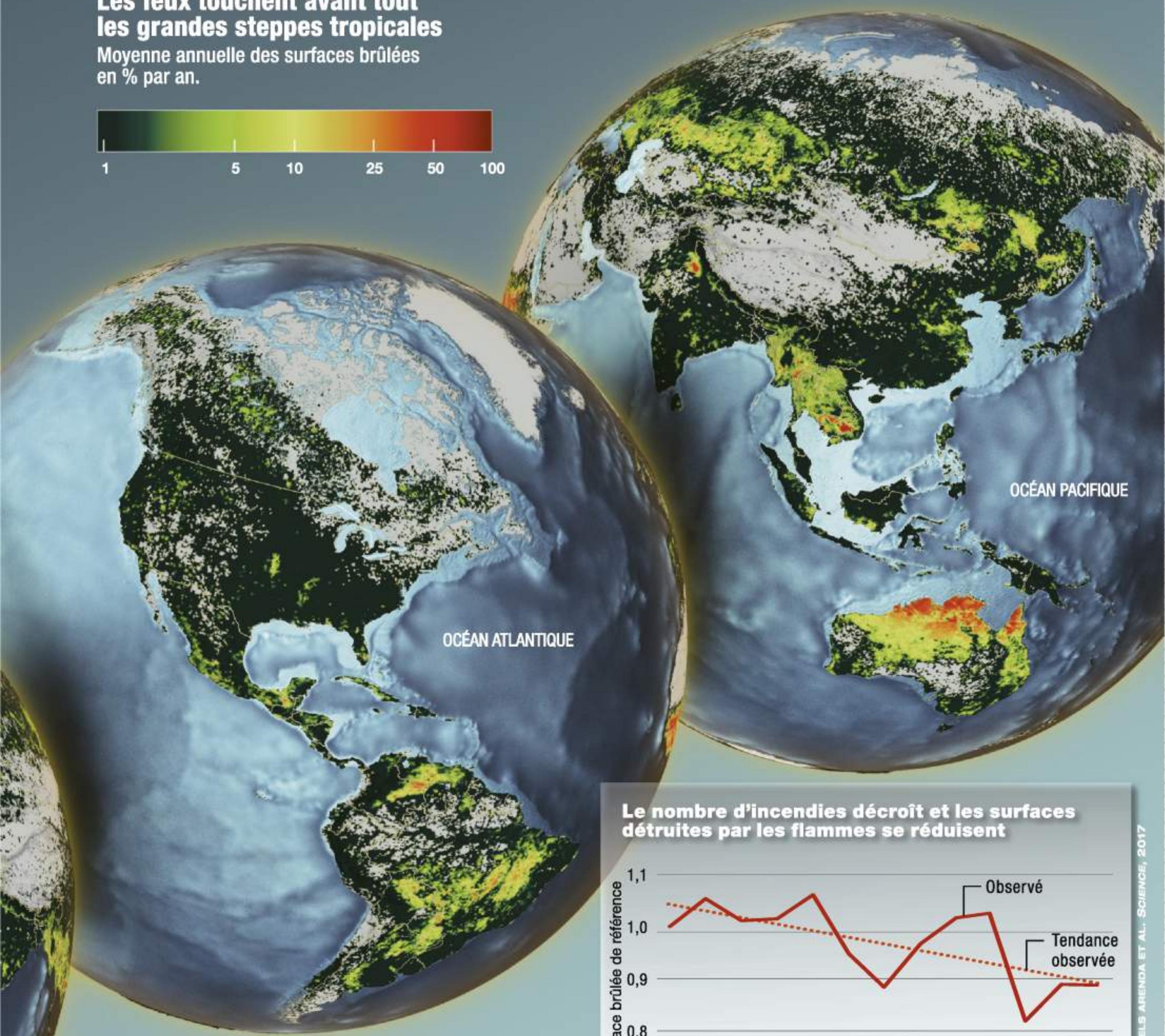
Plusieurs cartes d'une précision inédite montrent la répartition des incendies sur le globe, leur évolution sur les deux dernières décennies, et les facteurs associés (population, pluviométrie, agriculture...). Issue d'un travail coordonné par Niels Andela (Nasa et université de Californie), cette étude montre que si le feu est présent partout sur la planète, il est avant tout un phénomène associé aux grandes steppes, principalement tropicales – qu'il contribue du reste à entretenir. *“Pour obtenir ces cartes, nous avons croisé deux méthodes satellitaires, indique Niels Andela. On peut considérer qu'il y a feu lorsqu'une zone est soudain plus chaude que les zones environnantes, et d'autre part qu'un incendie a eu lieu lorsqu'un secteur devient brusquement moins réfléchissant (du fait du noircissement). En confrontant ces deux jeux de données, nous avons cartographié l'activité des feux sur la totalité des continents avec des pixels de 25 km².”* Principale surprise révélée par ces cartes ? La nette réduction des incendies, qui en 18 ans (1998-2015) ont régressé de 24 %. Un résultat attribué au développement de l'agriculture et au peuplement de steppes autrefois inhabitées. D'autres écosystèmes, comme les forêts, brûlent, eux, plus qu'auparavant.

Y.S.



Les feux touchent avant tout les grandes steppes tropicales

Moyenne annuelle des surfaces brûlées en % par an.



SOURCES : NIELS ARENDA ET AL., SCIENCE, 2017

1,5 milliard

C'est l'accroissement de la population humaine mondiale entre 1998 et 2015.

-1,35 %

C'est l'évolution annuelle moyenne des surfaces brûlées durant cette étude.

0,2 milliard de tonnes

de carbone en plus par an sont stockés dans les écosystèmes épargnés par les incendies.



ATMOSPHÈRE

DES ONDES ATMOSPHERIQUES ECLAIRENT NOS NUITS

Les "nuits claires" : ce phénomène naturel méconnu fascine les chercheurs. Rapporté depuis l'Antiquité, il fait référence à des nuits si lumineuses qu'il est possible de lire un livre, sans la lueur de la lune. Une équipe de l'université de York (Canada) a voulu éclaircir ce mystère. Le jour, les ultraviolets solaires apportent de

l'énergie au dioxygène de l'atmosphère pour séparer ses atomes. La nuit, ils se recombinent en émettant un photon de couleur verte. Cette lumière, émise vers 95 km d'altitude, est peu visible. Mais, à partir de données satellite, les chercheurs ont montré que certaines ondes atmosphériques ampliaient ces lueurs au point d'éclairer la

✓ En se recombinant, les atomes d'oxygène émettent une lumière verte à 95 km d'altitude.

BIODIVERSITÉ

Les oiseaux fertilisent le corail

Dans les archipels pacifiques d'Entrecasteaux et Chesterfield, une équipe de l'Institut de recherche pour le développement (IRD) vient de faire une découverte étonnante : les coraux assimilent l'azote des fientes produites par les colonies d'oiseaux avoisinantes ! Un résultat obtenu par des analyses isotopiques qui a surpris, car les coraux prospèrent dans les eaux cristallines, donc pauvres en nutriments. Les chercheurs vont tester l'hypothèse de l'existence d'un seuil de concentration en deçà duquel l'azote serait bénéfique avant de devenir toxique pour les coraux.

Y.S.

GÉOPHYSIQUE

Les séismes ont des effets à très longue distance

Au large de la côte nord-ouest des Etats-Unis, de puissants effondrements sous-marins ont été déclenchés par un séisme survenu... près de quatre mois plus tôt en Indonésie, à 13 500 km de là ! C'est la conclusion d'une étude menée par Paul Johnson (université de Washington), qui a analysé les données de sismomètres sous-marins installés sur la zone de subduction de Cascadia. Un résultat qui pourrait remettre en cause l'évaluation des risques sismiques locaux à partir des données sédimentaires. Y.S.

NASA - SHUTTERSTOCK



▲ L'azote contenu dans les fientes des mouettes est bénéfique aux coraux. A petite dose.

FORD RANGER

À PARTIR DE

299€
/mois**

LLD 48 MOIS.

1^{ER} LOYER DE 3 990 €.

ENTRETIEN ET ASSISTANCE 24/24 INCLUS.

NON ASSUJETTI AU MALUS



N°1 des ventes de pick-up en France*

*Source AAA des immatriculations sur les produits de même segment jusqu'à fin décembre 2016. **Exemple de Location Longue Durée avec prestation « maintenance/assistance » d'un Ford Ranger Double Cabine XL PACK TDCi160 ch 4x4 Euro 6 Type 05-16 neuf, sur 48 mois et 60 000 km, soit un 1^{er} loyer de 3 990 € et 47 loyers de 299 €/mois. Modèle présenté : Ranger Double Cabine WildTrak 3.2 TDCi 200 ch BVM Stop&Start 4x4 avec options au prix remisé de 37 560 €, soit un 1^{er} loyer de 3 990 € et 47 loyers de 418,56 €/mois. Consommation mixte (l/100 km) : 8,4 CO₂ (g/km) : 221 (données homologuées conformément à la Directive 80/1268/EEC amendée). Loyers exprimés TTC hors malus écologique et carte grise. Restitution du véhicule à la fin du contrat avec paiement des frais de remise en état standard et des kilométrages supplémentaires. Offres non cumulables réservées aux particuliers pour toute commande de ces véhicules neufs, valables du 01/09/17 au 30/09/17, dans le réseau Ford participant en France métropolitaine, selon conditions générales LLD, et sous réserve d'acceptation par Bremany Lease, SAS au capital de 39 650 €, RCS Versailles n°393 319 959, 34 rue de la Croix de Fer, 78100 St-Germain-en-Laye. Société de courtage d'assurances n°ORIAS 08040196 (www.orias.fr). 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



▲ Dans le microbiome des vents, on trouve, aussi, des champignons.

ÉCOSYSTÈME

LES TEMPÊTES DE SABLE SONT DES NIDS DE BACTÉRIES

Des chercheurs de l'institut Weizmann (Tel-Aviv) ont analysé l'ADN de poussières et de sable portés par les tempêtes qui balaient Israël. "Nous avons, en quelque sorte, récolté le microbiome de ces tempêtes, la plupart des bactéries voyageant sans doute fixées sur les grains de sable, ou en suspension dans l'air, indique Yaron Rudich, l'un des signataires de l'étude, et nous avons constaté une diversité bactérienne très importante et variable." En effet, l'analyse a révélé que la composition bactérienne de ces tempêtes variait selon qu'elles provenaient

du Sahara (vents de nord-est), de Syrie (vents de sud-ouest) ou bien d'Arabie Saoudite (vents de nord-ouest). Pour tenter d'explorer les conséquences sanitaires de leur découverte, les scientifiques ont fait l'analyse des nombreux gènes d'antibiorésistance présents, et constaté qu'ils varient également avec l'origine des tempêtes. Toutefois, ces gènes résistants apportés par le vent étaient bien moins nombreux que ceux présents dans la poussière locale. Ce qui semble confirmer qu'ils sont surtout créés par les activités humaines. Y.S.

LES GLACES SE DÉFENDENT CONTRE LA POLLUTION

Une étude danoise révèle que, loin d'être inertes et vulnérables à la pollution, les glaces du Groenland contiennent des microbes capables de dégrader des contaminants comme les PCB et métaux lourds. X.B.

LES CANICULES MODIFIERONT LE DÉCOLLAGE DES AVIONS

Le transport aérien devrait souffrir des canicules annoncées dans les décennies à venir : une simulation montre que l'air chaud, peu dense, pourrait perturber 10 % à 30 % des décollages, obligeant à des restrictions de charges. X.B.

LA MANTE RELIGIEUSE MANGE DES COLIBRIS

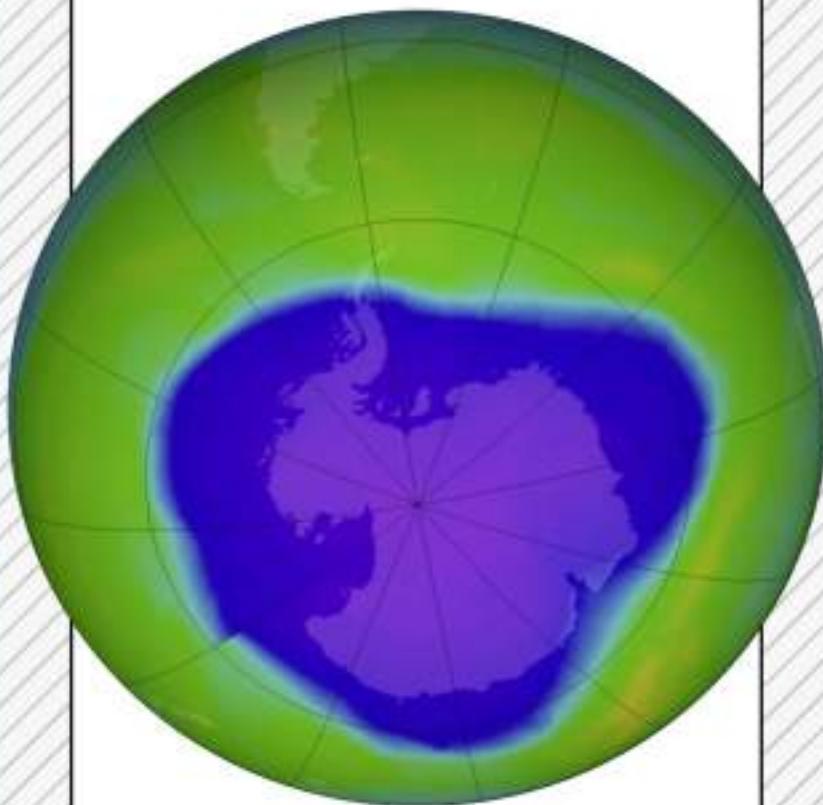
Aux Etats-Unis, des biologistes ont constaté que la mante religieuse se nourrissait de petits oiseaux comme le colibri. Une prédation dont l'ampleur était jusqu'ici insoupçonnée. X.B.

POLLUTION

Un solvant agrave le trou de la couche d'ozone

Les dernières simulations estimaient un rétablissement de la couche d'ozone vers 2050. D'après une étude de Ryan Hossaini (université de Lancaster), il pourrait être repoussé à la fin du siècle à cause du dichlorométhane (CH_2Cl_2). Ce solvant industriel a vu sa concentration atmosphérique doubler depuis le début des années 2000. Dans la stratosphère, le CH_2Cl_2 libère de la chlorine qui détruit l'ozone, comme les chlorofluorocarbones (CFC). Ces derniers sont régulés par le protocole de Montréal, mais pas le CH_2Cl_2 . Les raisons ? Sa durée de vie très courte et son rôle, considéré à l'époque comme mineur. Mais depuis que sa concentration augmente, la donne change. X.B.

▼ Le rétablissement de la couche d'ozone pourrait être repoussé à la fin du siècle.



LA SOLUTION connectée POUR SÉCURISER VOS TRAJETS

MICHELIN Safe & Drive réalise une petite révolution technologique et réinvente votre sécurité de conduite. Adoptez dès maintenant ce **système d'alerte automatique des secours**.



L'ALGORITHME DE VOTRE SÉRÉNITÉ

Avec son **capteur d'accélération 3D** et son **algorithme dédié**, le boîtier MICHELIN Safe & Drive détecte les collisions et les freinages d'urgence. Connecté à votre smartphone, le système contacte alors une **plateforme accessible 24h/24, 7j/7**. Les opérateurs vous appellent et déterminent avec vous le type de secours requis. Si vous n'êtes pas joignable, **ils vous géolocalisent et envoient les secours**.

Grâce à cette solution embarquée accessible à tous, votre voiture n'a plus rien à envier aux véhicules haut de gamme et à leur bouton d'urgence ! Découvrez tous les revendeurs sur www.michelin.fr

MICHELIN SAFE&DRIVE



L'INNOVATION MISE EN ÉQUATION

- + Le boîtier MICHELIN Safe & Drive se branche sur **votre allume-cigare**.
- + Il s'adapte à **tout véhicule, quelle que soit sa marque**.
- + L'application mobile fonctionne sur **Apple et Android**.
- + La connexion se fait simplement par **Bluetooth**.
- + Les conseillers vous informent sur vos trajets : **stations-service, parkings, restaurants...**
- + Une fonctionnalité pratique **localise l'endroit où vous avez garé votre véhicule**.





PÉDIATRIE

LE PLACENTA EST SOURCE D'INÉGALITÉ ENTRE JUMEAUX

Ils disposent des mêmes patrimoine génétique et placenta. Pourtant, 15 % des vrais jumeaux se développent de manière inégale dans le ventre de leur mère. Une équipe de médecins de l'hôpital des enfants de Boston vient de démontrer que le retard de croissance, qui peut toucher des organes vitaux en fin de grossesse, est dû à un placenta défective, dont certaines zones délivrent moins bien le sang oxygéné de la mère aux fœ-

tus. *“Le partage du ‘gâteau placentaire’ n'est pas égal”*, explique Franck Perrotin, professeur à l'université de Tours. L'IRM fonctionnelle, la technique utilisée pour observer l'activité du cerveau, a permis à l'équipe américaine de déterminer, chez 7 femmes enceintes de vrais jumeaux, la vitesse à laquelle l'oxygène du sang de la mère arrive aux fœtus une fois traversé le placenta. Et de constater qu'un passage anormalement lent

prédit l'apparition d'un retard de croissance du fœtus irrigué par les zones défec- tueuses du placenta, avec un plus petit foie et un plus petit cerveau à la naissance. *“Une fois qu'un retard de croissance est installé, on ne peut pas réparer les dégâts*, indique Jihad Chalouhi, à l'hôpital Necker. *Mais si l'on sait détecter les défauts d'oxygénation de manière précoce, alors on pourra proposer des traitements.”* A.D.

▲ Un manque d'oxygénation *in utero* peut faire naître un jumeau plus petit que l'autre.

NEUROLOGIE

Les oreilles se refont une jeunesse

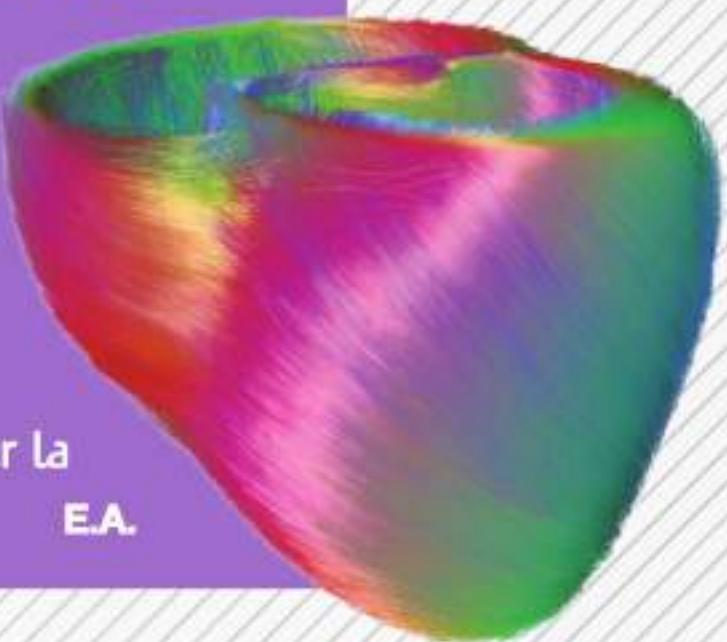
Une équipe américaine a restitué à des souris adultes la sensibilité auditive des souriceaux. Comme les hommes, ces rongeurs sont très réceptifs aux nouveaux sons au début de la vie, mais le cortex auditif devient progressivement réfractaire aux nouvelles tonalités, qu'il n'enregistre plus à l'âge adulte. D'où la difficulté à apprendre une langue. Pour leur rendre leur plasticité cérébrale d'enfance, il suffit de bloquer un récepteur particulier à l'adénosine, un neurotransmetteur du cerveau. A.R.

CARDIOLOGIE

Des bactéries permettraient de soigner les victimes d'infarctus

Des chercheurs américains ont injecté des bactéries photosynthétiques dans le cœur de rats opérés pour simuler un infarctus (cœur privé d'oxygène). Résultat: sous la lumière (cage thoracique ouverte), le taux d'oxygénation du cœur augmentait, ce qui diminuait les séquelles un mois plus tard. À l'avenir, l'usage de bactéries sensibles aux infrarouges permettrait d'activer la photosynthèse sans avoir à ouvrir la cage thoracique. E.A.

✓ L'activité électrique du cœur (ci-dessous) serait mieux préservée.



Se savoir
bien accompagné
tout au long
de la vie.

Mutuelle soumise aux dispositions du livre II du Code de la mutualité, n°Siren 538 518 273. Numéro LÉI 969500JLUSZH89G4TDS2. HERZELIE



NOTRE ENGAGEMENT MUTUALISTE est d'être présent pour votre santé et votre bien-être.

- **Jusqu'à - 40 % de réduction sur vos verres** et au moins - 15 % sur un appareillage auditif complet dans le 1^{er} réseau national d'opticiens et d'audioprothésistes partenaires.
- **Jusqu'à - 25 % auprès de plus de 4 200 partenaires bien-être** grâce au programme Avantages Harmonie.
- **Des garanties prévoyance** en cas d'arrêt de travail, d'accident du quotidien ou de perte d'autonomie.

Découvrez nos solutions sur famille.harmonie-mutuelle.fr



PRÉVENTION • SANTÉ • PRÉVOYANCE
Près de 2000 délégués s'engagent pour vous.



**Harmonie
mutuelle**
En harmonie avec votre vie

**FIND
MORE
FREE
MAGAZINES**

FREEMAGS.CC



Un traitement par cellules souches s'est révélé efficace à 58 %.

PROCTOLOGIE

L'INCONTINENCE, ANALE A TROUVÉ UN NOUVEAU REMÈDE

L'équipe d'Olivier Boyer et de Francis Michot (Inserm/université et CHU de Rouen) a mis au point un traitement original contre l'incontinence anale : des cellules-souches musculaires sont prélevées dans la cuisse du patient, mises en culture puis réinjectées dans son sphincter anal.

Un test effectué sur 24 patientes – dont plus de la moitié avaient développé ce trouble suite à un accouchement – a permis une amélioration chez 58 % d'entre elles. Un an après l'injection, leur score d'incontinence – compris entre 0 (normale) et 20 (sévère) –

est passé de 15 à 6,5 points. *“C'est un résultat très satisfaisant, atteste Olivier Boyer. Néanmoins, l'étude a été menée sur un petit nombre de patients. Le traitement ne fonctionnant pas encore pour tout le monde, il nous faudra identifier ceux qui sont les plus susceptibles d'y répondre.”* L'équipe envisage aussi un essai clinique, conduit sur un plus grand nombre de patients, pour comparer l'efficacité des cellules-souches à celle d'un pacemaker stimulant l'anus, le traitement actuel de référence pour l'incontinence anale réfractaire et sévère. C.H.

GÉNÉTIQUE

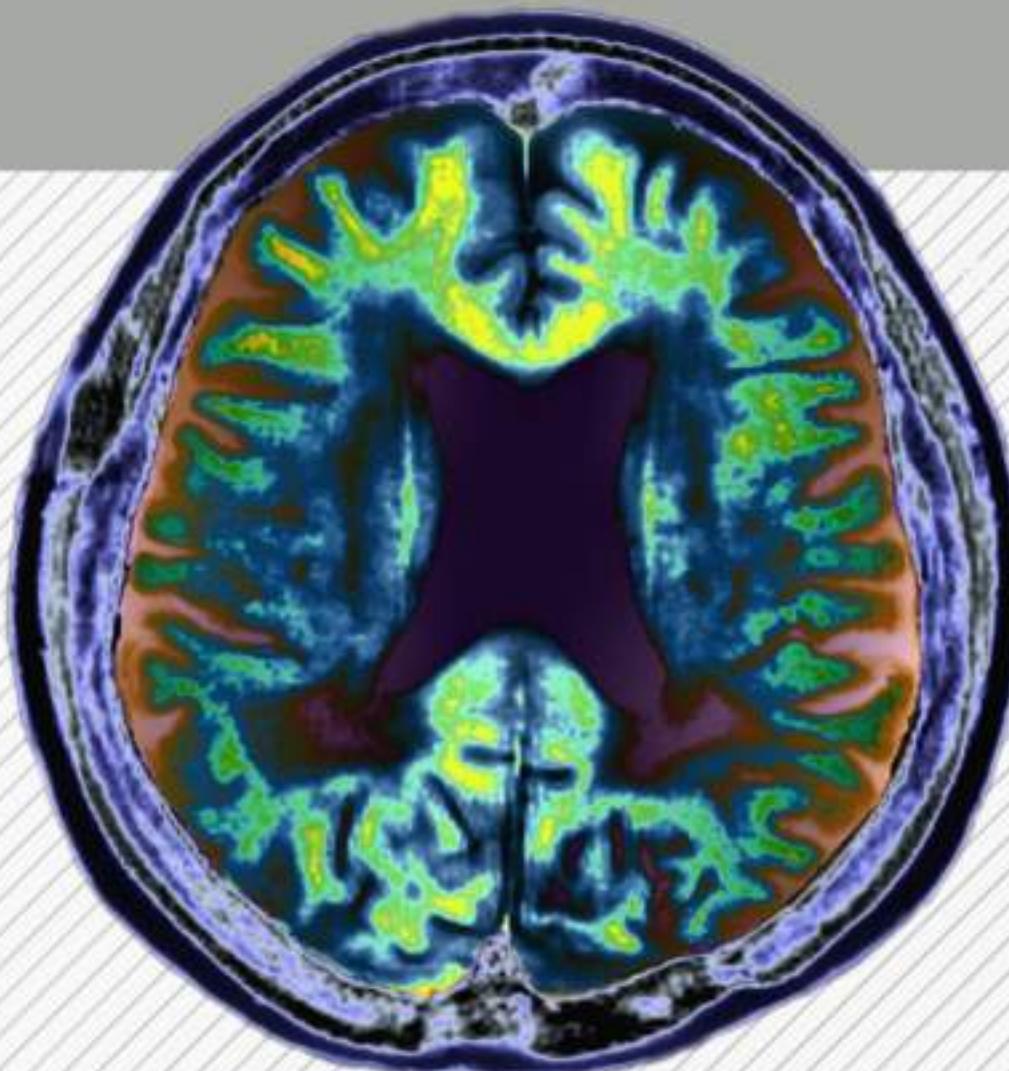
Une mutation favorise la longévité des hommes

30 % des centenaires sont dotés de cette mutation génétique, appelée d3-GHR. Située sur le gène du récepteur de l'hormone de croissance, elle provoque une baisse de la production d'IGF-1, molécule sous contrôle de cette hormone. *“Or, cela augmente l'espérance de vie chez toutes les espèces”, clarifie Martin Holzenberger (Inserm). Le bénéfice est de dix ans de plus en moyenne. Mais seul l'homme est concerné chez les humains, pas la femme!* A.R.

NEUROLOGIE

La résistance à l'insuline serait une cause d'Alzheimer

On savait que les neurones des malades d'Alzheimer perdent leur sensibilité à l'insuline, l'hormone chargée de réguler la glycémie. L'équipe de David Blum et de Luc Buée (université de Lille/Inserm) a peut-être trouvé la cause de ce “diabète cérébral”. Chez la souris, c'est la protéine tau qui active cette sensibilité, son absence engendrant une résistance à l'insuline, qui peut entraîner un dysfonctionnement neuronal et des pertes de mémoire. Or, chez les malades d'Alzheimer, cette protéine, bien que présente, *“s'agrège dans les neurones et cela entraînerait sa perte de fonction qui serait à l'origine de l'insulino-résistance”, explique David Blum.* C.H.



Les lésions seraient dues à un diabète cérébral.



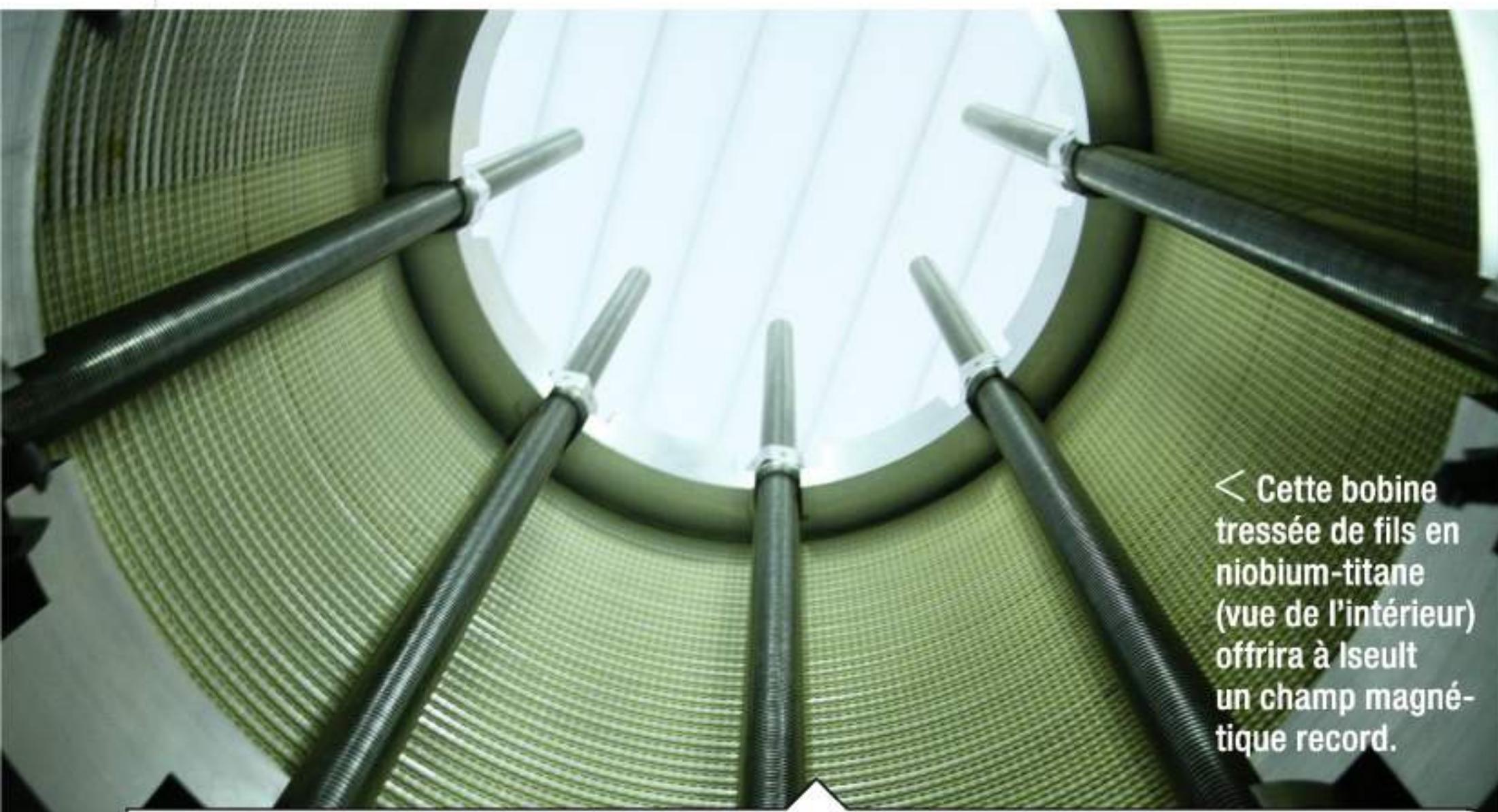
+X



**AVEC BANQUE POPULAIRE,
SOYEZ PARMI LES PREMIERS À PAYER
AVEC APPLE PAY DE MANIÈRE
SIMPLE ET SÉCURISÉE.**

Pour en savoir plus, rendez-vous sur banquepopulaire.fr





IMAGERIE MÉDICALE

LE PLUS GROS AIMANT IRM AU MONDE ARRIVE EN FRANCE

“L’IRM dénommé Iseult sera aux neurosciences ce que Hubble a été à l’astronomie”, se réjouit Denis Le Bihan, directeur de Neuro-Spin, le centre de recherche en neuro-imagerie du CEA qui accueille ce nouveau système d’imagerie médicale. La livraison du plus puissant aimant IRM jamais conçu (lourd de 132 t) constitue une étape majeure

dans le projet franco-allemand lancé en 2000. Avec ses 180 km de fils supraconducteurs enroulés sur 5 m de largeur et de longueur, ses performances seront stupéfiantes: *“La résolution des images dépassera de 100 fois celle des imageurs des hôpitaux et au moins de 10 fois celle des meilleurs imageurs de recherche”,* se félicite Denis Le Bihan.

Cette vue perçante, Iseult la doit au puissant champ magnétique induit au cœur de l’aimant: 11,7 teslas! A titre comparatif, si un magnét de réfrigérateur était doté d’un tel champ, il faudrait le poids d’une voiture suspendue dans le vide pour l’en détacher. Premières images attendues d’ici trois ans pour ce supertélescope de l’imagerie médicale. **J.-B.V.**

INFORMATIQUE

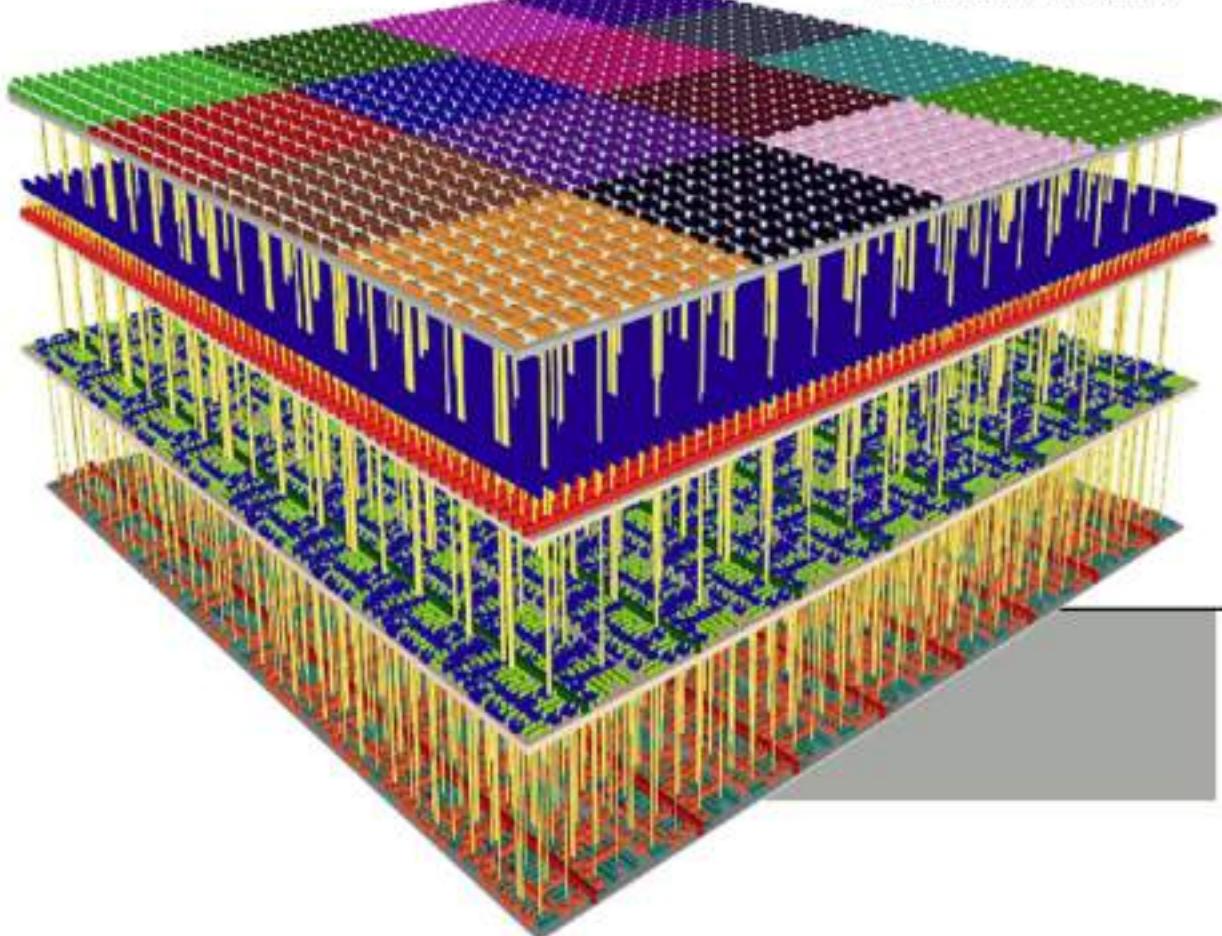
Une puce 3D calcule et mémorise

Les ordinateurs actuels utilisent des processeurs séparés pour les calculs et le stockage de données. D’où le problème de communication induit par l’augmentation du volume de données échangées entre eux. Pour le résoudre, une équipe de Stanford et du MIT, menée par Max Shulaker, a inventé un processeur en 3D qui superpose des couches de calcul et de mémoire. De plus, ces couches sont en nanotubes de carbone (sans silicium), ce qui permet une fabrication à basse température (<400 °C) et une faible consommation d’énergie. **S.F.**

✓ Un nouveau processeur superpose des couches de calcul et une mémoire RRAM.

1200 km

C’est la distance parcourue par un message codé de manière quantique et échangé depuis un satellite avec la Terre, via des lasers. Cette longueur record, obtenue par des chercheurs chinois, est 10 fois supérieure à celle résultant des précédentes tentatives réalisées sur Terre. Une prouesse qui ouvre une nouvelle ère aux communications quantiques, par principe inviolables. **R.I.**



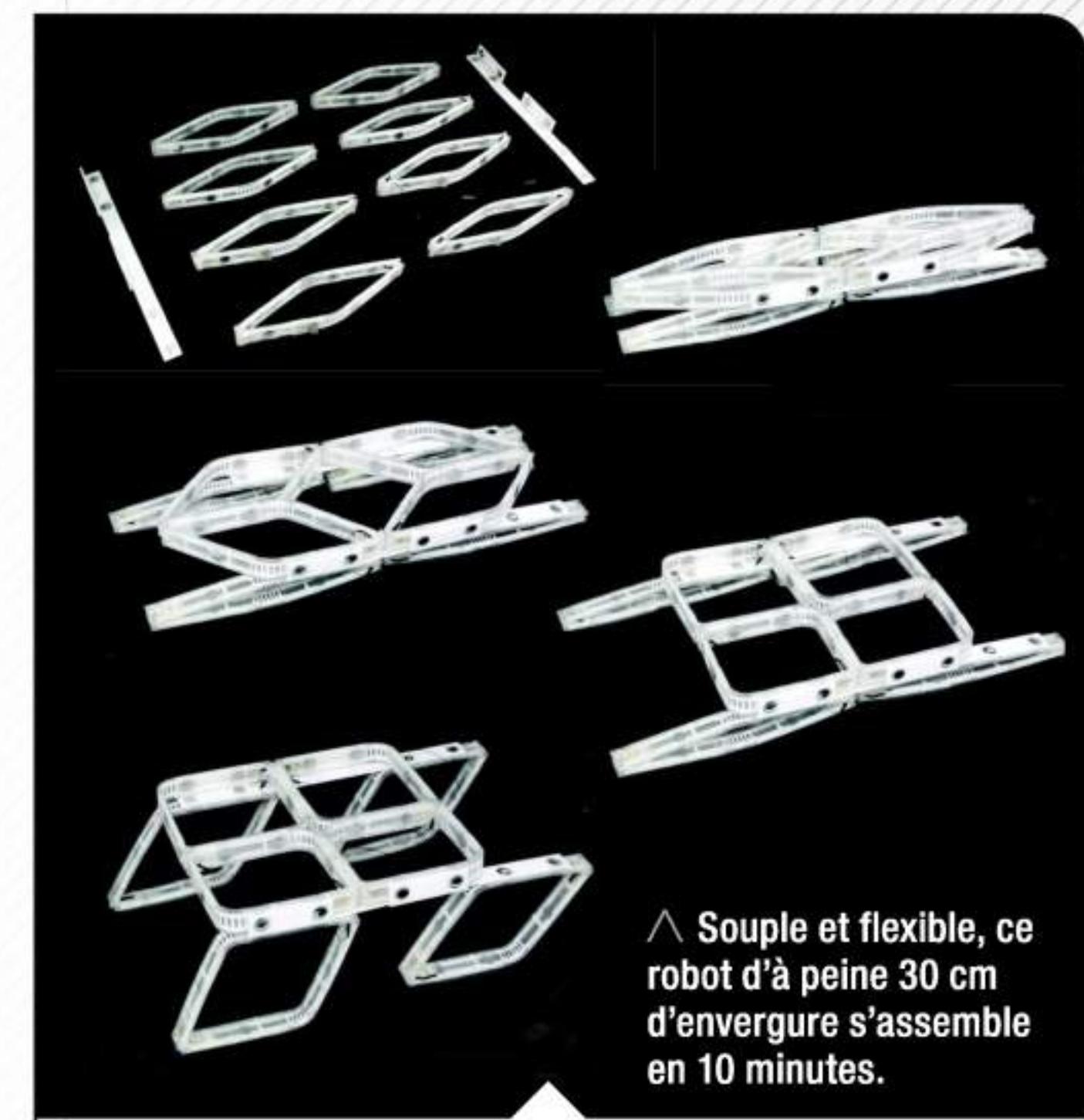


Si la loi interdit à nos docteurs en pharmacie de vendre des médicaments sans ordonnance, c'est peut-être parce qu'ils les vendraient moins cher, non ?

Dans chaque Parapharmacie E.Leclerc, un docteur en pharmacie, diplômé d'État, vous accueille. Il a toutes les compétences pour apporter le conseil nécessaire à la vente de médicaments sans ordonnance. Et pourtant, on lui interdit de vendre à prix E.Leclerc, ces médicaments non remboursés que l'on trouve désormais sur Internet. On marche sur la tête !

www.sesignermoinscher.leclerc





▲ Souple et flexible, ce robot d'à peine 30 cm d'envergure s'assemble en 10 minutes.

ROBOTIQUE

UN ROBOT EN KIT SE DÉPLACE SANS MOTEUR

Les Coréens viennent de réaliser un tour de force avec leur petit robot capable de "marcher" sur la terre ferme comme au fond de l'eau, sans moteur ni système mécanique. Baptisé DeployBot, il est composé de huit modules en polydiméthylsiloxane reliés par des aimants. Un câble à mémoire de forme en métal traverse l'intégralité des modules. Lorsqu'on lui applique un champ électrique, il chauffe, ce qui a pour effet de déformer la structure. En faisant varier l'intensité du courant, les "pattes" se contractent puis se détendent successivement, ce

qui fait avancer l'ensemble par à-coups. *"Outre la flexibilité, l'avantage d'utiliser un robot souple est paradoxalement sa grande robustesse dans différents environnements, révèle le chercheur Wei Wang. Grâce à l'absence de contrainte mécanique forte, DeployBot n'est pas confronté aux problèmes d'étanchéité ou de lubrification que rencontrent normalement les robots avec des moteurs et des engrenages."* Et si sa vitesse n'est pour l'instant que de 2 m/heure, les chercheurs l'imaginent bien explorant à l'avenir l'espace ou les océans. **S.D.**

LASER HÉLICOPORTÉ

L'armée américaine et l'entreprise Raytheon ont testé un tir au laser par hélicoptère sur une cible distante de 1,4 km. L'étude des vibrations, de la poussière et du rotor va démarer avant un éventuel déploiement dans l'armement. **M.V.**

CIRCULATION SPATIALE DIRIGÉE

En cas de panne, impossible de faire venir un ingénieur sur Mars. Pour limiter l'usure, le rover Curiosity vient d'être équipé d'un logiciel qui analyse en permanence le terrain de la planète rouge et adapte la vitesse des roues du robot. **M.V.**

CONCERT VIRTUEL

Des chercheurs du CNRS ont enregistré un concert à Notre-Dame de Paris et recréé virtuellement l'intérieur de la cathédrale. La combinaison des deux plonge le spectateur dans un environnement sonore correspondant exactement à l'endroit où il se place. **X.B.**

ÉLECTRONIQUE

Un téléphone qui fonctionne sans batterie

Une équipe de l'université de Washington a développé un prototype de téléphone mobile sans batterie ! Les chercheurs ont remplacé la traditionnelle conversion des signaux audio en données numérique – très énergivore – par la transformation des vibrations du microphone et du haut-parleur en signal radio analogique. Ainsi, le téléphone fonctionne avec une puissance d'à peine 3,5 microwatts, et récupère son énergie à partir des signaux radio ambients et d'une petite cellule solaire. La portée reste pour l'instant très limitée, mais les chercheurs espèrent bien optimiser l'original. **S.D.**

▼ L'énergie de ce téléphone, encore à l'état de prototype, recourt aux ondes ambiantes.

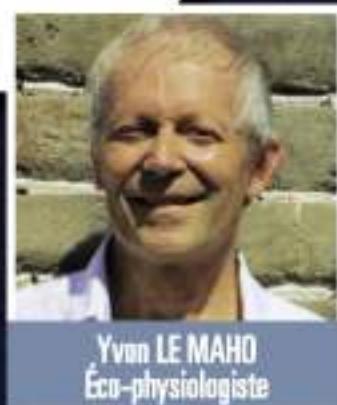


PRÉPAREZ VOS VACANCES DE LA TOUSSAINT AVEC
LA NOUVELLE CROISIÈRE **SCIENCE&VIE**

DE LA TERRE AUX ÉTOILES



DES INVITÉS
EXCEPTIONNELS



Yves LE MAHO
Éco-physiologiste



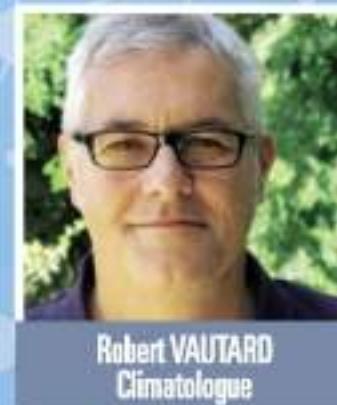
Christian de PERTHUIS
Économiste



Pierre LENA
Astrophysicien



Laurent BOPP
Bio chimiste



Robert VAUTARD
Climatologue



Jean JOUZEL
Glaciologue

ESCALE IBÉRIQUE

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

À BORD DU COSTA MEDITERRANEA

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 passionnantes 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 TOUSSAINT¹¹
Gratuité croisière enfants
pour les - de 18 ans
(sauf taxes)



TÉLÉCHARGEZ LA BROCHURE COMPLÈTE SUR

www.croisières-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 9h30 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

SCIENCE&VIE

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-Ory - 92543 Montrouge Cedex.

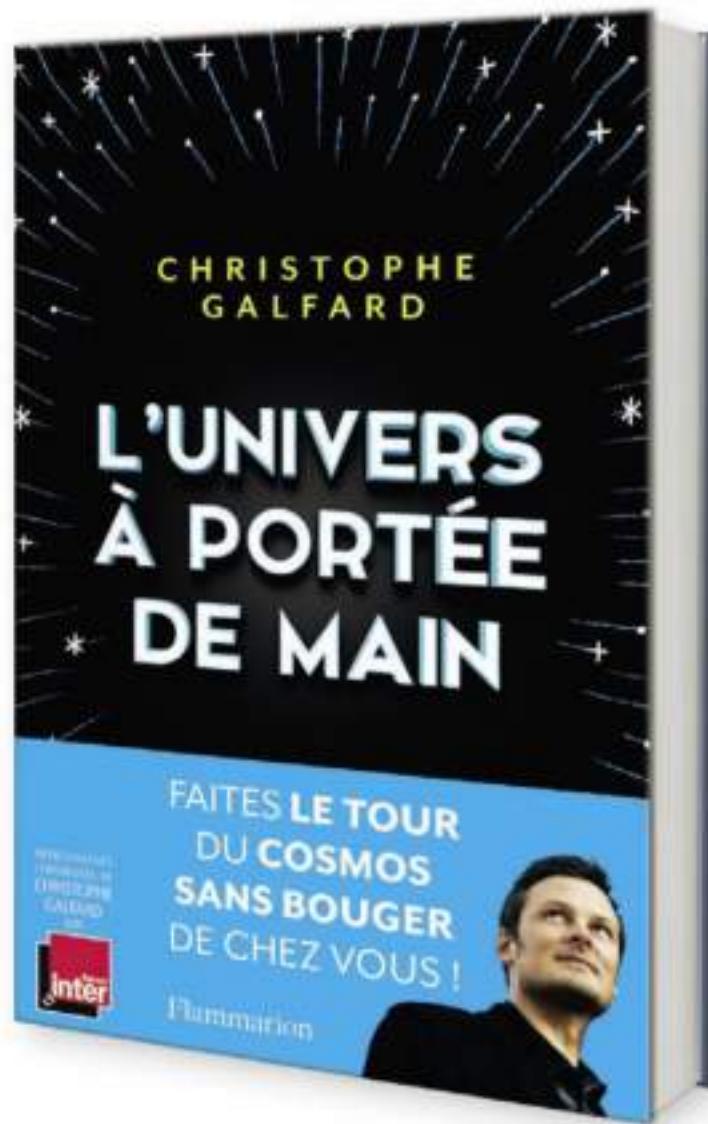
(1) OFFRE SPÉCIALE TOUSSAINT : Gratuité Croisière enfants pour les - de 18 ans s'ils partagent la cabine de 2 adultes en cabine triple ou quadruple, hors boissons, taxes portuaires, vols, transferts et forfaits de séjours à bord.

C17SV2P

Voyagez à travers l'Univers tel qu'il est décrit par la science d'aujourd'hui...

Christophe Galfard, l'auteur docteur en physique théorique vous entraîne dans un ébouriffant voyage cosmique aux frontières du savoir. Il imagine aussi d'improbables expériences, à la limite du surnaturel parfois, comme ce lancer de particule dans un cube recouvert de millions de minuscules détecteurs.

LE LIVRE
19,90
seulement



Les théories qui pilotent notre univers, de l'infiniment grand à l'infiniment petit

L'Univers à portée de main

AUTEUR : CHRISTOPHE GALFARD. 448 PAGES. DIM. 15 x 24 CM. ÉDITIONS FLAMMARION.

LE LIVRE
29€
seulement



Plongez-vous dans les secrets de l'Univers

De quoi sont faites les étoiles ? Qu'est-ce-qu'un trou noir ? Comment le soleil produit-il de la chaleur et de la lumière ? Découvrez dans cet ouvrage le témoignage scientifique et spirituel de l'astrophysicien Hubert Reeves.

L'Univers expliqué en images

AUTEUR : HUBERT REEVES. 160 PAGES. DIM. 24,5 x 28,5 CM. ÉDITIONS LE SEUIL.

Visuels non contractuels

LA TECHNOFOLIE DU MOIS

Connaître le ciel étoilé devient un jeu d'enfant !

NOUVEAU

Innovant, unique et facile d'utilisation, le planétarium Universe2go vous offre bien plus qu'une simple carte des étoiles, il vous permet d'observer le vrai ciel étoilé en y superposant une image digitale. Regardez les étoiles à l'aide d'une application pour smartphone et placez le dans la visionneuse pour observez le vrai ciel nocturne en temps réel. Contemplez ainsi les planètes, avec de nombreuses informations vocales complémentaires. Plusieurs modes (débutant, découverte, mythologie, quiz, expert, etc.) permettent à tous les membres de la famille de s'amuser et d'apprendre.

99€
seulement!

ou
3x33€

PAIEMENT
3x SANS
FRAIS

Planétarium personnel Universe2go

CONTENU : 1 VISIONNEUSE UNIVERSE2GO AVEC ÉCRAN AMOVIBLE, 1 PASSE PARTOUT ADAPTÉ AUX DIFFÉRENTES TAILLES DE SMARTPHONE, 1 SACOCHÉ DE PROTECTION, 1 SANGLE, 1 CODE D'ACTIVATION POUR L'APPLICATION ET 1 NOTICE D'UTILISATION.

FONCTIONNE AVEC L'APPLE iPhone 4, 5, 6 ET 7 SAMSUNG GALAXY S3, S4, S5, S6 ET S7 ET DE NOMBREUX SMARTPHONES AVEC LA VERSION iOS 7.0 ET ASCENDANTE AINSI QUE LA VERSION ANDROID 4.2 ET ASCENDANTE.

LIVRAISON RAPIDE
COLISSIMO
OFFERTE



universe2go

SCIENCE & VIE

LA BOUTIQUE

Livres & cadeaux scientifiques et insolites

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

Le télescope pour tout voir dans le ciel!

Idéal pour les astronomes amateurs, ce télescope permet de voir tous les objets : planètes, galaxies, nébuleuses. Avec un miroir primaire de 200 mm, il récolte en effet 78 % de lumière supplémentaire par rapport à un télescope de 150 mm.

Télescope Newton SkyWatcher Black Diamond 200 mm f/5

LONGUEUR FOCALE : 1000 MM - POUVOIR DE RÉSOLUTION : 0,6" MAGNITUDE LIMITÉ : 14,2. TUBE EN ALUMINIUM. DIM. : 24 (DIAM.) x 92 CM. PORTE OCULAIRE 50,8 MM. MONTURE MOTORISABLE EN OPTION - TRÉPIED ACIER CHROMÉ RÉGLABLE. 2 OCULAIRES, 1 CHERCHEUR INCLUS ! GARANTIE 1 AN.

645€
Le télescope 200 mm
OU
3x 215€

FRAIS D'ENVOI
TRANSPORTEUR
OFFERTS

Pour organiser
la livraison,
merci d'indiquer
votre téléphone.

**2 oculaires,
1 chercheur et
1 Barlow inclus !**



PAIEMENT
3X SANS
FRAIS

Télescope Newton SkyWatcher 130 mm f/6.9

LONGUEUR FOCALE : 900 MM - POUVOIR DE RÉSOLUTION : 0,9" MAGNITUDE LIMITÉ : 13,3 - TUBE EN ALUMINIUM. MONTURE MOTORISABLE EN OPTION. DIM. : 17 (DIAM.) x 83 CM. PORTE OCULAIRE 31,75 MM - TRÉPIED ALUMINIUM RÉGLABLE. GARANTIE 1 AN.

239€
Le télescope 130 mm

OU
3x 79,66€

LIVRAISON RAPIDE
COLISSIMO
OFFERTE

POUR COMMANDER ET S'INFORMER

boutique.science-et-vie.com

Exclusivité Internet : Livraison en Points Relais®, PayPal®

Renvoyez le bon de commande avec votre règlement à
La Boutique SCIENCE & VIE - CS 90125 - 27 091 ÉVREUX CEDEX 9

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

BON DE COMMANDE

Articles	Réf.	Quantité	Prix	Sous-total
Livre « L'Univers à portée de main »	390.443	x	19,90€	= €
Livre « L'Univers expliqué en images »	366.021	x	29€	= €
Planétarium personnel Universe2go	404.475	x	99€	= €
Télescope Newton SkyWatcher 130 mm f/6.9	360.149	x	239€	= €
Télescope Newton SkyWatcher Black Diamond 200 mm f/5	360.826	x	645€	= €
SOUS-TOTAL				€

Avec ma commande dès 49€, je reçois en **CADEAU** le DVD **La fin des astronautes ?** **OFFERT**

FRAIS D'ENVOI

(cocher la case de votre choix)

Frais d'envoi offerts
dès 49€ de commande !

<input type="checkbox"/> Envoi normal	6,90€
<input checked="" type="checkbox"/> Ma commande atteint 49€	GRATUIT
<input type="checkbox"/> Envoi Colièco	
<input type="checkbox"/> Livraison rapide Colissimo	7,90€
<input checked="" type="checkbox"/> Ma commande atteint 75€	GRATUIT
<input type="checkbox"/> Livraison rapide Colissimo	

TOTAL **€**

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

Conformément aux dispositions du Code de la consommation concernant le règlement amiable des litiges, Science & Vie adhère au Service du Médiateur du e-commerce de la FEVAD (Fédération du e-commerce et de la vente à distance) dont les coordonnées sont les suivantes : 60 Rue La Boëtie - 75008 Paris - <http://www.mediateurfevad.fr>. Après démarche préalable écrite des consommateurs vis-à-vis de Science & Vie, le Service du Médiateur peut être saisi pour tout litige de consommation dont le règlement n'aurait pas abouti. Pour connaître les modalités de saisine du Médiateur : www.mediateurfevad.fr/index.php/espaces-consommateur.

Le télescope spécial débutant d'excellente qualité !

Avec un miroir primaire de 130 mm, ce télescope permet de débuter sérieusement grâce à sa capacité à récolter 30 % de lumière en plus qu'un télescope de base (114 mm). Il permet de voir Jupiter, Saturne, la Lune et même des objets moins brillants (galaxies/nébuleuses) !

Télescope Newton SkyWatcher 130 mm f/6.9

LONGUEUR FOCALE : 900 MM - POUVOIR DE RÉSOLUTION : 0,9" MAGNITUDE LIMITÉ : 13,3 - TUBE EN ALUMINIUM. MONTURE MOTORISABLE EN OPTION. DIM. : 17 (DIAM.) x 83 CM. PORTE OCULAIRE 31,75 MM - TRÉPIED ALUMINIUM RÉGLABLE. GARANTIE 1 AN.

EN CADEAU avec votre commande dès **49€**

Le DVD de Science & Vie
« La fin des astronautes ? »

UN FILM DE SERGE BRUNIER ET FRÉDÉRIC COMPAIN



À RENVOYER DANS UNE ENVELOPPE AFFRANCHIE AVEC VOTRE RÉGLEMENT À : **CODE COMMANDE : 415.547**
LA BOUTIQUE SCIENCE & VIE - CS 90125 - 27 091 ÉVREUX CEDEX 9

> Mes coordonnées

M. Mme Mlle

Nom _____ Prénom _____

Adresse _____

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

CP _____ Ville _____

Tél. _____

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

E-mail _____

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

> Mode de paiement

Je règle par chèque bancaire ou postal à l'ordre de SCIENCE & VIE

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

Je règle par carte bancaire

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

Carte bancaire N° _____

Expire fin : _____ / _____ Date et signature obligatoires _____

Cryptogramme _____ Les 3 chiffres au dos de votre CB

**PAIEMENT
3X SANS
FRAIS**

ENVIRONNEMENT, SANTÉ,
BIEN-ÊTRE ANIMAL...

FAUT-IL ENCORE MANGER DE LA VIANDE ?

Accusée de tous les maux, la viande n'a plus la cote et nous en consommons chaque année de moins en moins. Mais a-t-elle vraiment tout faux ?

Nathalie Picard a mené l'enquête.

Resterons-nous omnivores ? Autrefois symbole de richesse, puis démocratisée grâce aux immenses gains de productivité, la consommation de viande semble aujourd'hui remise en cause. Les chiffres sont là : en France, comme en Europe, cette pratique multimillénaire est en net ralentissement depuis quelques années, avec une baisse marquée pour les viandes bovine, ovine et porcine, et une hausse pour les volailles (voir gra-

phique ci-contre). *“Un tiers de la baisse s’explique par le prix de la viande, qui augmente plus vite que les revenus. Les deux autres tiers sont liés à des changements de préférences”*, analyse Pierre Dupraz, directeur de recherche à l'Inra.

Le vent a commencé à tourner à partir des années 1970, avec l'émergence des préoccupations environnementales et une première reconnaissance de la sensibilité des animaux domestiques. Dans

les années 1990, le scandale de la vache folle a révélé un système où les vaches mangeaient leurs congénères sous forme de farines animales contaminées. Puis sont apparues des questions liées à la santé individuelle. Le tout accompagné, ces dernières années, de vidéos dénonçant certaines conditions d'élevage et d'abattage.

Réchauffement climatique, gaspillage de ressources, danger sanitaire, maltraitance animale, la

liste des chefs d'accusation s'allonge. Les acteurs de la filière, eux, dénoncent de faux arguments. Et dans cette bataille de chiffres entre défenseurs et pourfendeurs de la viande, il n'est pas rare, sur Internet, de lire une information et son exact contraire. Comment s'y retrouver ?

Dans ce sujet complexe où de nombreuses questions restent en débat, *Science & Vie* a interrogé des scientifiques pour démêler le vrai du faux.



1 La viande et l'environnement

Un impact très fort sur le réchauffement ?

L'affirmation circule sur la toile : l'élevage réchaufferait plus la planète que les transports. D'après l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 14,5 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre proviennent de l'élevage. Soit légèrement plus que les 14 % émis par les transports, indiqués par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec) dans leur dernier rapport.

“Deux chiffres incomparables”, s'agace Anne Mottet, responsable des développements de l'élevage à la FAO. Laquelle explique que son organisme s'appuie sur l'analyse de cycle de vie, et inclut donc les changements d'usage des sols,

l'alimentation animale, la gestion des déjections, le transport, tandis que les inventaires du Giec, eux, ne comptabilisent que les émissions directes par secteur – et les estiment d'ailleurs entre 10 et 12 % pour l'agriculture, soit moins que pour les transports.

En France, le Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (Citepa), qui réalise les inventaires d'émissions directes, permet d'avoir des chiffres comparables. Et donne 19 % des rejets nationaux de gaz à effet de serre pour le secteur agricole – partagés à peu près à parts égales entre les rejets de méthane émis par l'élevage et les rejets de protoxyde



4,45
kg

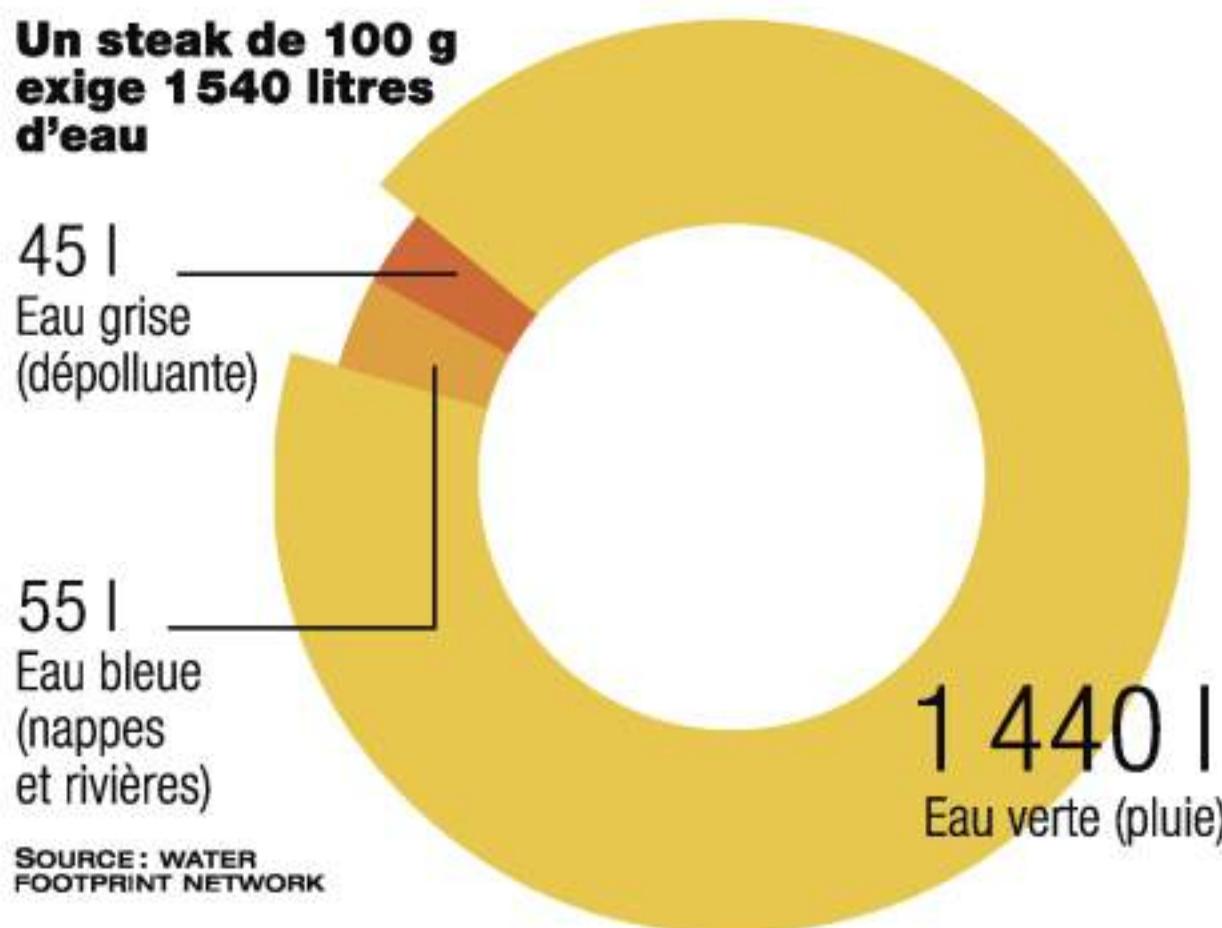
d'émissions de gaz à effet de serre pour une portion moyenne de steak-frites, qui représente 669 kcal.

d'azote issus des sols agricoles. Beaucoup moins que les 31 % d'émissions liées aux transports – même si les transports de lait et de viande y sont inclus. Ajoutons que tous ces calculs restent incertains. Impossible, par exemple, de déterminer si les prairies sont des puits ou des émetteurs de carbone concluait, en

2013, la FAO. Pour autant, le fait est indéniable : l'élevage a *“un impact clairement négatif sur le changement climatique”*, selon une expertise de l'Inra sur les élevages européens.

Plusieurs pistes sont étudiées pour minimiser ces rejets, en particulier l'amélioration du stockage de carbone par les prairies qui,

Un steak de 100 g exige 1540 litres d'eau



Une consommation d'eau

L'information revient souvent : il faudrait 15 400 l d'eau pour produire 1 kilo de viande de bœuf. L'équivalent d'une centaine de bains ! Le calcul est un peu faussé, souligne Michel Doreau, directeur de recherche à l'Inra : *“Il inclut l'eau de pluie nécessaire à la croissance des plantes*

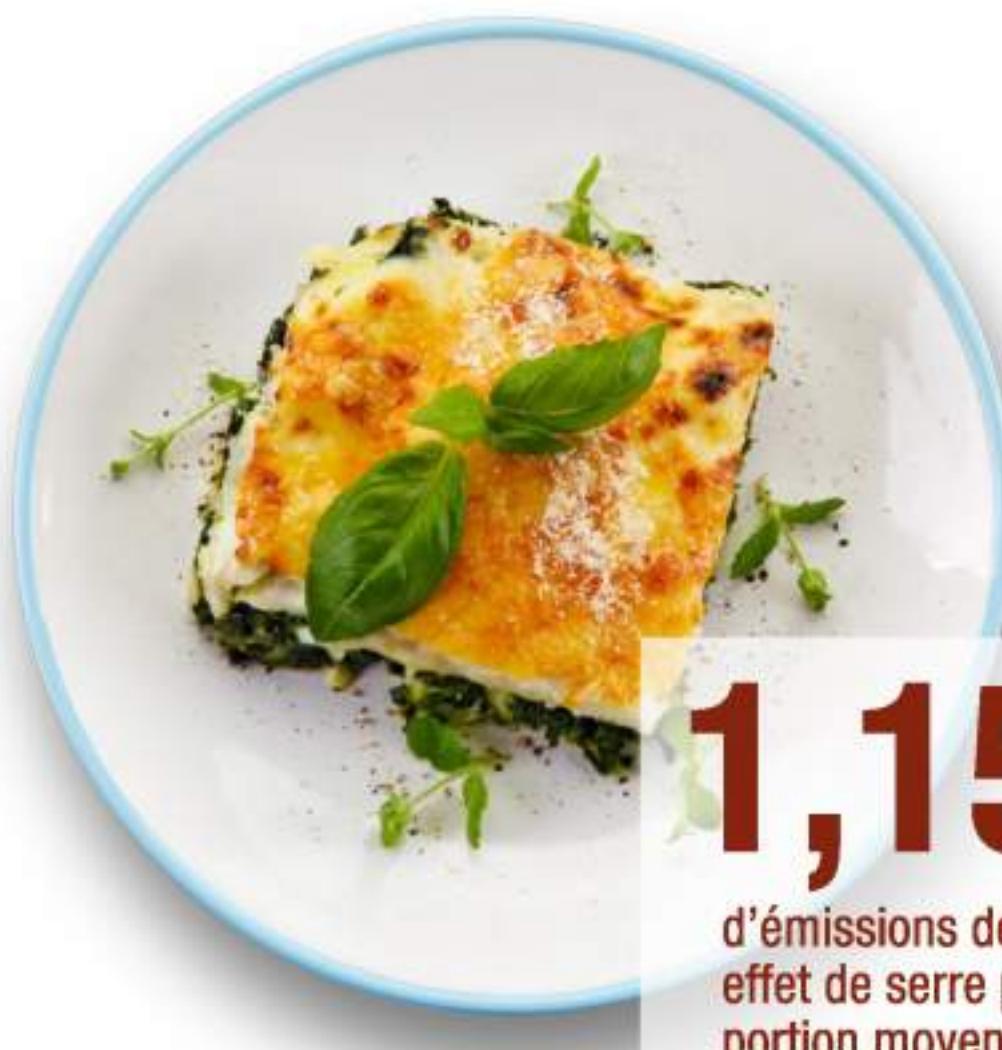
consommées par les animaux qui représente plus de 93 % du total.” La méthode développée par Arjen Y. Hoekstra en 2002 permet de distinguer l'eau verte, l'eau de pluie reçue par les terres agricoles transformée en vapeur d'eau par la transpiration des plantes et l'évaporation du sol, de

nement



1,19
kg

d'émissions de gaz à effet de serre pour une portion moyenne de poulet au curry, qui représente 436 kcal.



1,15
kg

d'émissions de gaz à effet de serre pour une portion moyenne de lasagnes végétariennes, qui représente 887 kcal.

SOURCE : ADEME

malgré tout, pourrait s'avérer très efficace.

Mais une partie de la solution se trouve au bout de notre fourchette. Comme le souligne Nicole Darmon, chercheuse en nutrition à l'Inra: "Dans les pays développés, consommer moins de viande est un levier majeur." Ce potentiel d'atténuation du réchauffement par

une alimentation moins riche en produits animaux est confirmé par plusieurs études internationales.

En France, l'Ademe a quantifié l'impact climatique des aliments. Résultat: un steak-frites émet quatre fois plus de CO₂ que des lasagnes végétariennes (voir ci-dessus). Cependant, "ces plats n'apportent ni les mêmes nutri-

ments, ni la même énergie. Tout comme l'équilibre nutritionnel, l'impact carbone s'analyse dans la durée", précise Sarah Martin, ingénierie en charge de l'alimentation à l'Ademe. Pour couvrir nos besoins, fruits et légumes – riches en nutriments et pauvres en énergie – doivent être consommés en plus grande quantité

que les produits gras et sucrés. Or les émissions augmentent avec la quantité de nourriture ingérée. Un cercle vicieux? Non. Pour Nicole Darmon, consommer moins en général, moins de viande et d'alcool en particulier, et plus de fruits et légumes, permet de réduire notre impact carbone tout en améliorant notre nutrition.

délirante?

l'eau bleue, celle prélevée par les agriculteurs afin d'abreuver les animaux et d'irriguer les cultures. En comptabilisant aussi l'eau grise, le volume d'eau nécessaire pour diluer les polluants. "Cette méthode permet d'analyser la problématique de l'eau à l'échelle mondiale, sans

se limiter aux consommations directes. Elle permet de comprendre quelles productions dépendent de l'eau de pluie", explique Daniel Zimmer, ancien directeur du Conseil mondial de l'eau. D'ordinaire, lorsqu'on parle de consommation, il s'agit de l'eau bleue. "C'est l'indicateur le plus juste pour comprendre comment l'élevage ponctionne la ressource

hydrique", estime Vazken Andréassian, hydrologue à l'Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture.

En ayant en tête que la consommation d'eau potable est en France d'environ 140 l par jour et par personne, retenons donc que la production d'un steak haché exige 55 l d'eau bleue et 45 l d'eau grise.

“

VAZKEN
ANDRÉASSIAN

Hydro-
logue à
l'IRSTEA

L'eau bleue est l'indicateur le plus juste pour comprendre comment l'élevage ponctionne la ressource hydrique

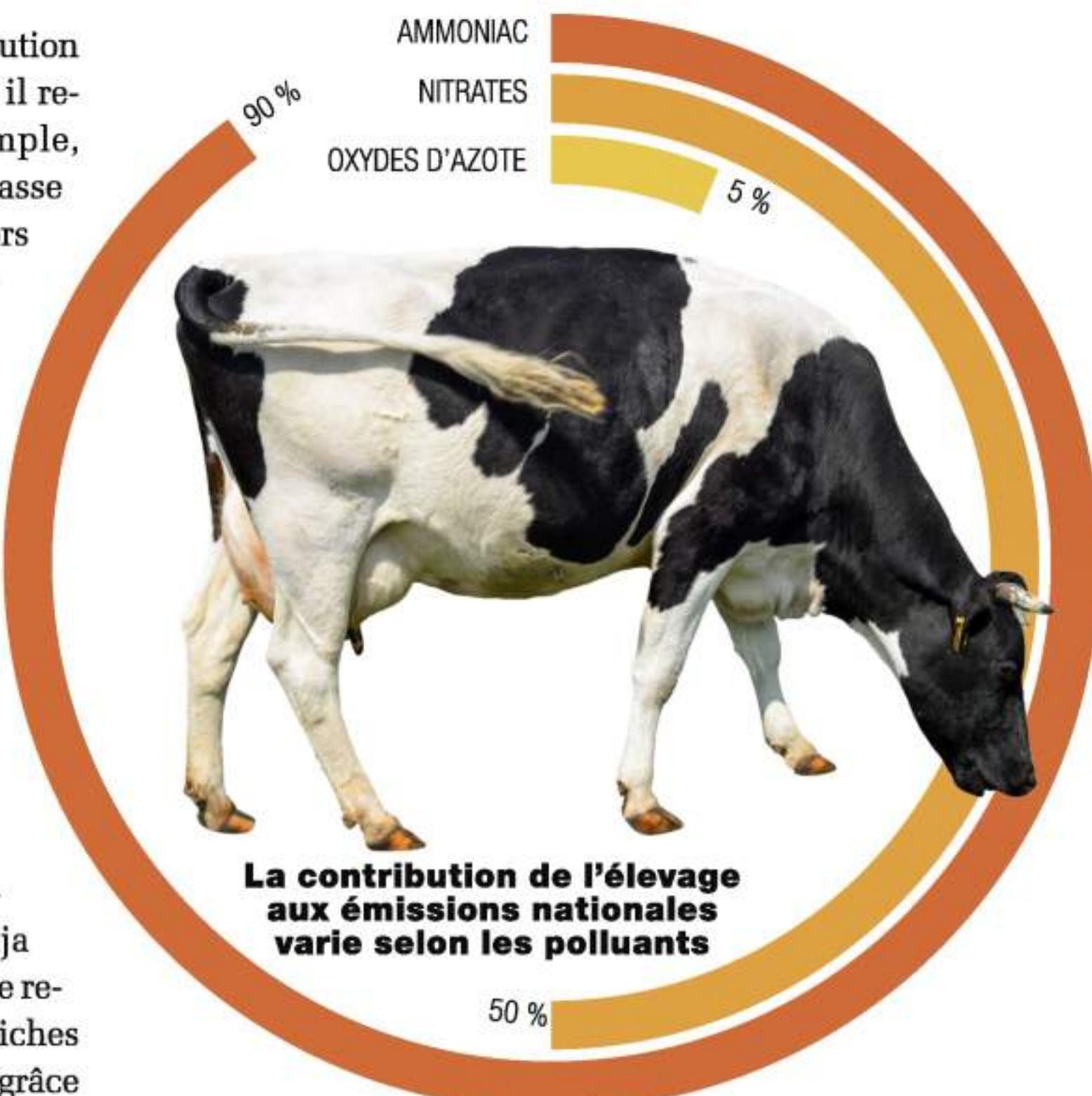
Une pollution massive ?

Oui, indéniablement, l'élevage pollue. L'eau d'abord, avec l'azote et le phosphore excrétés par les bêtes qui peuvent provoquer un développement de biomasse asphyxiant – comme en témoignent les fameuses marées vertes bretonnes.

L'air aussi, avec l'émission d'ammoniac. D'après le Citepa, 98 % des rejets français proviennent de l'agriculture, principalement des déjections animales stockées puis épandues sur les champs (70 %), mais aussi des engrains minéraux (30 %). Sachant que lorsque cet ammoniac gazeux rencontre des oxydes d'azote issus du trafic routier, il se transforme en nitrate d'ammonium, l'un des

responsables de la pollution aux particules fines – il représentait, par exemple, à Paris, 60 % de la masse des particules fines lors des épisodes de pollution massive de mars 2016 !

Pour la terre, tout dépend des pratiques d'élevage. *“Un effet positif de l'élevage sur le sol s'observe dans des systèmes associant culture et élevage, où les prairies occupent au moins 30 % de l'exploitation”*, précise Katja Klumpp, ingénierie de recherche à l'Inra. Sols riches en matière organique grâce à l'usage d'engrais issus



SOURCE: INRA 2012

Une menace pour nos ressources alimentaires ?

La question se pose quand on sait que, d'après la FAO, la quantité de nourriture que le cheptel mondial engloutit chaque année est de six milliards de tonnes, soit 50 % de plus que la consommation humaine mondiale ! Et que, pour produire une telle montagne, l'élevage occupe de 70 % à 75 % des sols agricoles, concurrençant donc directement nos ressources alimentaires.

Cela est particulièrement vrai pour les champs de céréales destinées à l'alimentation animale qui représentent un tiers des terres arables de la planète. Moins

pour les prairies et les parcours (pâturés par les bêtes ou fauchés pour leur foin), dont 65 % sont des surfaces trop difficiles à cultiver (re-

DENIS CHEREAU
Directeur général de la plate-forme Improve

De nombreuses plantes destinées aux animaux pourraient entrer dans l'alimentation humaine

lief, humidité, qualité du sol). *“Sur ces espaces, élever des ruminants à l'herbe permet de produire de la nourriture humaine”*, remarque Anne Mottet, de la FAO. En revanche, les 35 % restants – soit 700 millions d'hectares – pourraient être convertis en cultures disponibles pour l'homme.

D'autant que les pourfendeurs de la viande dénoncent un gaspillage des ressources, en soulignant qu'il faut entre 2 et 10 kg de protéines végétales pour faire 1 kg de protéines animales. Ce calcul oublie cependant que nous ne

mangeons pas d'herbe. Or, d'après la FAO, 86 % des végétaux consommés par les bêtes (herbe, foin, pulpe de betteraves à sucre) ne sont pas comestibles pour l'homme. La prise en compte de cette comestibilité fait ainsi augmenter sensiblement l'efficience – c'est-à-dire le rapport entre les protéines animales contenues dans l'aliment final et celles, végétales, ingérées par l'animal (voir ci-contre). En particulier pour la viande bovine. Sous réserve que le bœuf soit élevé à l'herbe, sur des prairies impropre à la culture, elle



des déjections animales, cultures diversifiées intégrant dans leur rotation des légumineuses fixant l'azote, prairies permanentes riches en carbone... D'après Julie Ryschawy, maître de conférences en agronomie des territoires à l'INP-École nationale supérieure agronomique de Toulouse, ce cercle vertueux "pourrait être un idéal agronomique pour les sols, permettant de gérer aux mieux les cycles de l'azote, du carbone et du phosphore". Mais, en France, cet idéal perd du terrain : les fermes en polyculture-élevage et les prairies permanentes disparaissent peu à peu, la tendance étant à l'agrandissement des cheptels, la spécialisation des territoires, l'élevage en bâtiment et l'intensification des pratiques.

Un danger pour la biodiversité ?

La question est un casse-tête. Bien sûr, l'expansion des cultures au détriment de la forêt amazonienne, qui hébergerait près du quart de l'ensemble des espèces terrestres, est dévastatrice. Mais dans d'autres situations, l'élevage joue un rôle positif, en entretenant des prairies riches d'une biodiversité unique et spécifique – comme, en France, le râle des genêts, un oiseau protégé dont le déclin s'explique par la disparition des prairies humides dans les vallées.

D'un extrême à l'autre, difficile donc d'évaluer l'impact global de l'élevage sur la biodiversité. "D'autant qu'il y a des effets directs et indirects, comme la

pollution de l'eau et le réchauffement climatique. Il faut prendre en compte des mécanismes variés et faire le lien entre des échelles locales et globales", analyse Anne Mottet à la

-22 %

de pâtures depuis 1989. Soit, en France, 2 millions d'hectares en moins pour la biodiversité des prairies.

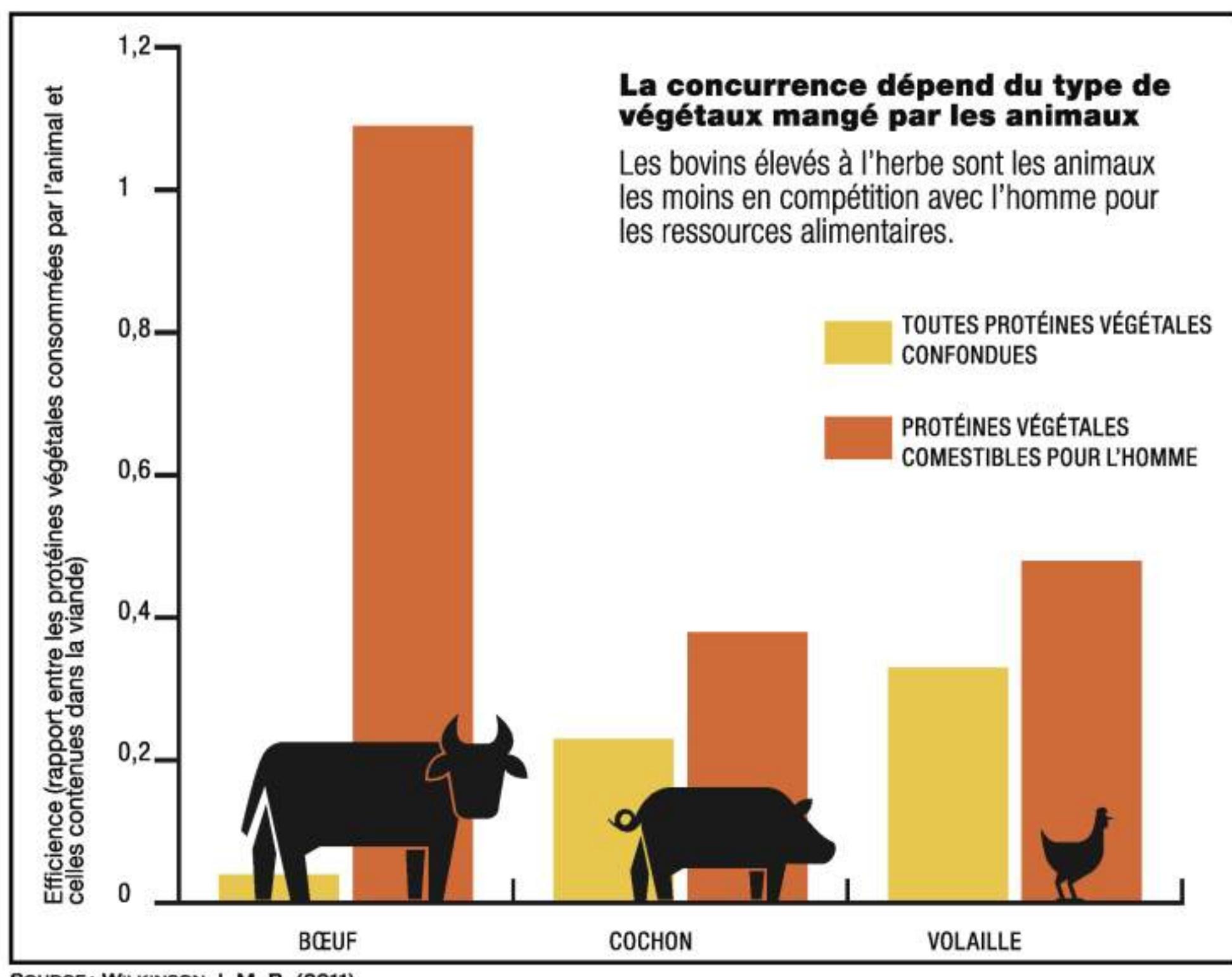
FAO. Des effets en cascade d'autant plus durs à quantifier que la biodiversité est difficile à mesurer. "Qui peut décréter qu'un écosystème ou qu'une espèce serait supérieur à un autre ? interroge Rodolphe

Sabatier, chercheur en agroécologie à l'Inra, qui ajoute qu'"à l'échelle d'un territoire, préserver des milieux variés, gérés de manière différente, favorise la biodiversité".

D'après les experts de l'Inra, l'effet positif de l'élevage sur la biodiversité passe par le maintien des prairies permanentes. Mais encore faut-il qu'elles soient bien gérées – les fauches mécanisées, toujours plus précoces, empêchent par exemple le râle des genêts de nicher et de se reproduire. Et on ne peut que regretter que les surfaces toujours en herbe des exploitations agricoles aient diminué de 22 %, en France, entre 1989 et 2015.

peut même apporter une contribution positive à la sécurité alimentaire !

Ce calcul dépend des frontières de la comestibilité, qui sont amenées à bouger. "De nombreuses plantes destinées aux animaux pourraient entrer dans l'alimentation humaine grâce à de nouveaux procédés de fractionnement et d'extraction", affirme Denis Chereau, directeur général de la plate-forme Improve, dédiée à la valorisation des protéines végétales. Des essais sont en cours pour extraire les protéines contenues dans les tourteaux de graines oléagineuses, les drêches de brasserie ou l'enveloppe des céréales.



2 La viande et la santé

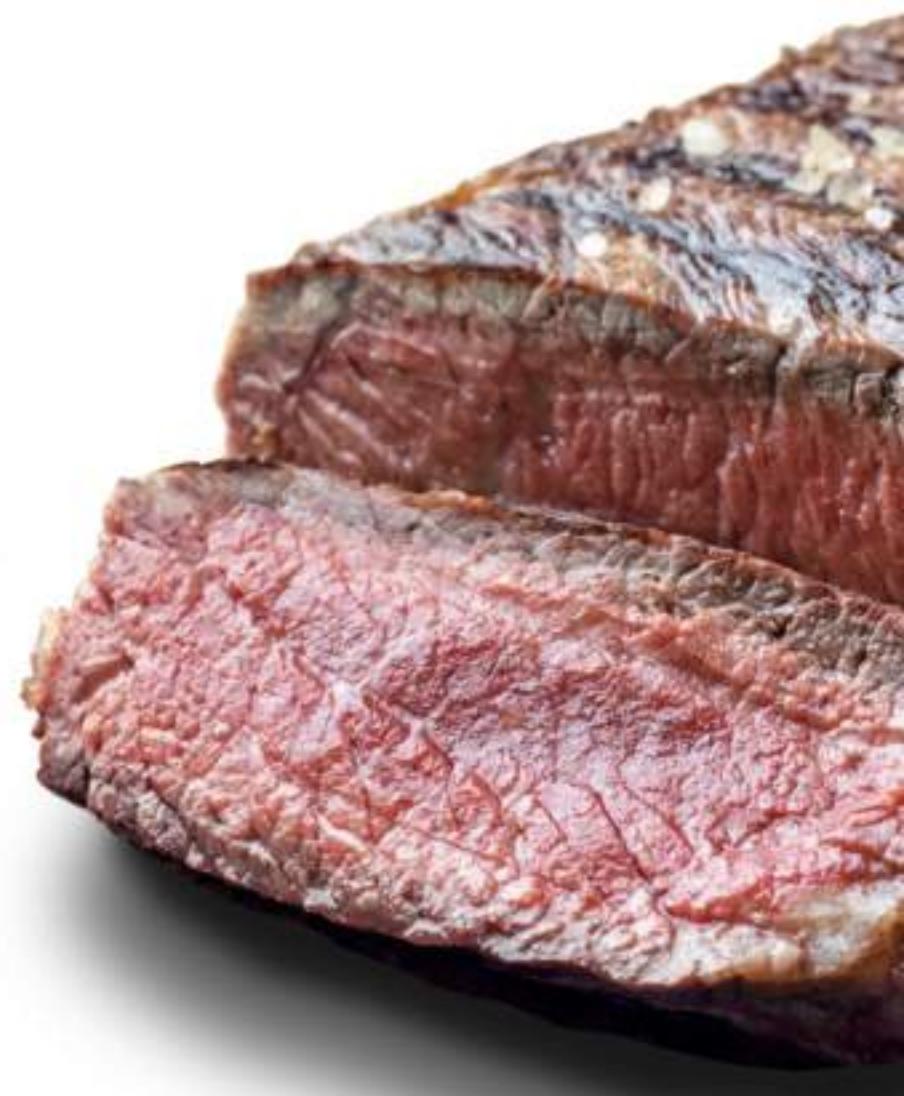
Un risque pour notre santé ?

Dans certaines conditions, oui. Fin 2015, la viande transformée a été classée "cancérogène" par l'Organisation mondiale de la santé: chaque portion quotidienne de 50 g de saucisses, jambons et consorts augmente de 18 % le risque de cancer colorectal. La viande rouge (bœuf, porc, agneau, cheval...), elle, a été classée "probablement cancérogène": 100 g de viande rouge par jour pourrait augmenter de 17 % le risque de cancer colorectal, avec d'autres liens observés pour

les cancers du pancréas et de la prostate. De nouvelles études épidémiologiques ont depuis confirmé ces données. D'autres montrent un risque accru de diabète et de maladies cardio-vasculaires.

Faut-il alors bannir tout rôti de bœuf, escalope de porc et sauté de veau de notre assiette ? Si les experts de l'OMS n'ont pu conclure à une quantité de viande rouge consommable sans danger, ils soulignent la "valeur nutritive" d'un aliment riche en protéines, minéraux (fer, zinc) et vi-

tamines (B12). "La viande rouge garde sa place dans une alimentation équilibrée, à raison de 3 à 4 fois par semaine maximum", confirme Jean-Michel Lecerf, chef du service nutrition de l'Institut Pasteur de Lille. Les recommandations publiées en début d'année, de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation (Anses), insistent sur "la nécessité de réduire considérablement la consommation de charcuteries" (pas plus de 25 g par jour) et de ne pas



dépasser 500 g de viande rouge par semaine. "Aucun aliment n'est indispensable, seuls les nutriments le sont", précise Jean-Michel Lecerf.

Un accélérateur des résistances des bactéries aux antibiotiques ?

Le problème est déjà d'actualité. Les résistances des bactéries aux antibiotiques causent la mort d'environ 700 000 personnes chaque année dans le monde, dont

25 000 en Europe, et pourraient tuer jusqu'à 10 millions d'individus en 2050, selon l'OMS. En cause, une consommation excessive et inadaptée d'antibiotiques

qui accélère l'émergence et la sélection de populations résistantes.

Et l'élevage a sa part de responsabilité. Avec l'intensification de l'agricul-

ture, les antibiotiques ne servent plus seulement à soigner les infections, mais aussi à les prévenir et même à favoriser la croissance des bêtes. Aux Etats-Unis, 70 % du volume total de ces médicaments sont dédiés à l'usage animal. L'Europe, elle, a banni l'usage des antibiotiques comme facteur de croissance en 2006, et freine sa consommation globale. Avec des résultats: en France, dans le cadre du plan Ecoantibio 2017, la consommation totale d'antibiotiques a diminué de 25 % en médecine vétérinaire entre 2012 et 2016 – même baisse pour les antibiotiques "critiques", des traitements de



+67 %

de consommation d'antibiotiques dans l'élevage d'ici à 2030. Une augmentation au niveau mondial principalement liée au développement des pays émergents.



QUEL RISQUE SI ON EN MANGE TROP?

- ✓ Risque de cancer colorectal, si on mange 50 g/j de charcuterie.
- ✓ Risques de cancers, pour 100 g/j de viande rouge.
- ✓ Diabète et maladies cardio-vasculaires.

QUEL RISQUE SI ON N'EN MANGE PAS?

- ✓ Aucun si les apports nutritionnels de la viande sont compensés : principalement protéines mais aussi fer, zinc, vitamine B12. Attention à cette dernière, quasi absente des végétaux.

Par exemple, le déficit en vitamine B12, d'origine animale, a des répercussions sur les plans cognitif, neurologique et hématologique.

D'où la nécessité, pour les végétaliens, qui ne mangent aucun produit d'origine animale, de compléter leur alimentation.

dernier recours qui nécessitent une prescription contrôlée. Reste que la consommation mondiale d'antibiotiques en élevage devrait augmenter de 67 % entre 2010 et 2030, en particulier du fait des pays émergents (Chine, Inde, Brésil...). *“Pourtant, le problème ne pourra se régler qu'à l'échelle mondiale”*, s'inquiète Thierry Pineau, directeur de l'Institut Carnot-France futur élevage.

“Moins on utilise d'antibiotiques en élevage, mieux c'est, le but étant d'éviter que les animaux constituent des réservoirs de résistances pour l'homme”, résume Gilles Salvat, directeur de la santé animale et

du bien-être des animaux à l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses).

Dans une expertise collective de 2014, l'Anses recommande de supprimer l'usage préventif des antibiotiques en élevage. Une interdiction déjà entérinée dans la réglementation de l'élevage biologique. Avec une pharmacie limitée, la gestion de la santé animale y repose davantage sur la prévention des maladies, grâce à la sélection de races robustes, la qualité des aliments, l'exercice physique, une densité d'élevage et des conditions de logement adéquates.

Un incubateur de nouvelles maladies ?

Grippe, maladie de la vache folle... Les animaux d'élevage sont accusés de propager ces zoonoses, pathologies communes à l'animal et l'homme. *“Très souvent, le réservoir de virus ou de bactéries se trouve dans la faune sauvage, pas dans les exploitations agricoles. Plus l'élevage est isolé de l'extérieur, plus on limite les risques”*, explique Gilles Salvat, directeur de la santé animale à l'Anses. Tels les virus de la grippe, issus d'oiseaux sauvages, ou celui du syndrome respiratoire du Moyen-Orient, qui viendrait des chauves-souris. Les causes premières sont donc plutôt à chercher du côté de la mondialisation des échanges, du réchauffement climatique...

Reste que les espèces domestiques jouent un rôle d'intermédiaire. Le virus Influenza aviaire peut atteindre l'homme via les poules. Pire, une co-infection d'un porc

par deux virus peut provoquer la naissance d'un virus hautement pathogène transmissible entre humains. Savant que 75 % des maladies émergentes animales sont des zoonoses, selon l'Organisation mondiale de la santé animale.

Des risques de propagation des maladies qui augmentent avec la taille des troupeaux et la densité des élevages. *“Un effet d'échelle, estime Thierry Pineau, directeur de l'Institut Carnot-France futur élevage. Plus il y a d'animaux, plus il y a de malades.”* Autre facteur : le mélange d'espèces animales. *“En Asie, des productions très intensives avoisinent des élevages traditionnels où la cohabitation homme-volailles-cochons augmente le risque d'évolution du virus”*, craint Gilles Salvat. Le retour à la ferme du XVIII^e siècle n'est donc pas la panacée.



✓ La grippe aviaire est due à un virus transmissible à l'homme.

3 La viande et le bien-

Des animaux mutilés ?

De mauvaises conditions de logement, des manipulations ou une alimentation inadaptée peuvent causer aux animaux d'élevage des douleurs. Mais comme le soulignait en 2012 l'expertise collective de l'Inra sur le sujet, "quelle que soit l'espèce considérée (volailles, porcs, bovins), une des principales sources de douleur en élevage réside dans la pratique de mutilations". Ecornage, castration et caudectomie ont pour objectif d'améliorer la qualité des viandes et d'éviter les blessures dues aux agressions entre congénères causées par la promiscuité et un

environnement pauvre. La coupe de la queue des porcs, par exemple, est généralisée dans les systèmes intensifs dénués de paille (plus de 90 % des élevages porcins). Sinon, à défaut de pouvoir fouiller et mâchonner, les porcs ont tendance à repérer leur comportement d'investigation sur la queue de leurs congénères. "Il faut adapter les conditions d'élevage aux besoins des animaux, prône Sophie Hild, éthologue et directrice de la Fondation droit animal, éthique et sciences. *Entassés, enfermés et sans occupation, ils développent forcément des troubles du*

comportement." Dans la filière biologique, une densité plus faible et une litière pailleé permettent d'éviter de couper les queues des porcs. Mais bio ou pas, la plupart des porcelets sont castrés à vif afin de supprimer les odeurs désagréables que dégage, à la cuisson, la viande issue de certains mâles entiers. Depuis quelques années, des pays scandinaves poussent l'Europe à mettre fin à cette mutilation. La Cooperl Arc Atlantique – coopérative bretonne de 2 700 éleveurs – a suivi le mouvement. Signée par des membres de la filière porc européenne, une déclaration volontaire a annoncé, sous conditions, la fin de la castration pour 2018.



▲ La castration à vif est pratiquée sur les porcelets, dans tous les systèmes d'élevage.



Des animaux enfermés ?

Pour ce qui est du plein air, les vaches laitières sont mieux loties. "Le pâturage est un point fort des exploitations laitières", confirme Alice de Boyer des Roches, de VetAgro Sup de Lyon. Dans les 131 fermes qu'elle a évaluées, les troupeaux passent un temps médian de 229 jours par an, 16 heures par jour, au pré.

◀ Aujourd'hui encore, l'écrasante majorité des poules, en France, ne voient pas la lumière du jour.

La plupart des porcs vivent en bâtiments. Idem pour les poules pondeuses : 32 sur 47 millions de ces gallinacés sont toujours élevées en cages. Y sont-elles vraiment plus malheureuses ? C'est certain, l'élevage en batterie a des inconvénients a répondu le programme européen LayWel qui a comparé ces différents systèmes de 2004 à 2006. Désormais, une directive européenne impose l'agrandissement et l'enrichissement des cages (nid, perchoir...), ainsi qu'un

être animal



Des troupeaux démesurés ?

L'idée que les animaux seraient plus heureux dans les petits élevages semble largement admise. *“Ce n'est pas forcément vrai*, répond François Courouble, vétérinaire référent à la Société nationale des groupements techniques vétérinaires. *Dans les grands élevages, les animaux sont répartis en différents lots donc ils ne ressentent pas la taille de l'exploitation comme une contrainte.*” Sans compter que la santé des animaux y serait mieux gérée. Symbole de l'industrialisation de l'élevage, l'exploitant de la ferme des 1000 vaches souligne ainsi que chaque vache peut se déplacer librement dans de vastes espaces. Oui, mais elles ne pâturent pas.

D'après une étude réalisée par des chercheurs canadiens, l'accès au pâturage diminue quand la taille de l'élevage augmente, ce qui limite l'expression des comportements naturels. Mais impossible de conclure à une relation simple, négative ou positive, entre la taille d'une ferme et le bien-être animal. Une conclusion à laquelle aboutit aussi Alice de Boyer des Roches, maître de conférences à VetAgro Sup de Lyon: *“Dans l'étude que j'ai menée, la taille de l'élevage n'a pas de lien avec le bien-être des vaches laitières. Par contre, d'autres facteurs l'affectent négativement, comme le système de robot de traite automatisé ou le logement en logettes.”*

espace plus grand (un peu plus qu'une feuille A4). Cela a-t-il changé la donne? Oui, répond l'Institut technique de l'aviculture, qui avance une moindre restriction comportementale. Sophie Hild, de la Fondation droit animal, éthique et science (LFDA), ne partage pas cet avis: *“Les problèmes d'agressivité et de picage demeurent. Cette réglementation a entraîné des coûts élevés pour la filière, mais pour les poules, ça n'a pas changé grand-chose.”*

Dans un avis rendu en 2015, le comité d'éthique pour la recherche agrono-

mique note l'importance *“d'adapter les conditions d'élevage aux comportements naturels des animaux”*, condition nécessaire pour que l'animal ne soit *“plus traité comme un objet, mais reconnu comme un sujet”*. Faut-il alors rendre le plein air obligatoire? *“Chaque système présente des avantages et des inconvénients*, souligne Laure Bignon, ingénierie de recherche à l'Institut technique de l'aviculture. *En plein air, les poules peuvent exprimer leurs comportements naturels mais elles sont plus exposées aux pa-*

rasites et aux prédateurs.” Pour prendre en compte cette complexité, le projet européen Welfare Quality a mis au point des systèmes d'évaluation à partir de quatre principes: bonne alimentation, logement adapté, bonne santé et comportements appropriés. *“Ces*

mesures peuvent être utiles, mais elles conduisent à une approche morcelée du bien-être, qui omet de penser le comportement de l'animal de manière globale”, regrette Florence Burgat, directrice de recherche en philosophie à l'Inra. Le sujet est décidément bien complexe.

L'agrandissement des cages a entraîné des coûts élevés pour la filière, mais pour les poules, ça n'a pas changé grand-chose

SOPHIE HILD
Ethologue et directrice de la LFDA

Des abattages dans la souffrance ?

Moutons jetés contre des barrières, cochons frappés, animaux conscients lors de la saignée... Tournées en caméra cachée dans certains abattoirs français, les vidéos de L214 – organisation militant contre l'exploitation animale – ont montré crûment la maltraitance et la négligence subies par des bêtes lors de leur mise à mort. Cas isolés ou manquement généralisé ?

Suite au scandale de l'abattoir d'Alès, le ministère de l'Agriculture a lancé une inspection des abattoirs d'animaux de boucherie en avril 2016. Résultat : des non-conformités moyennes à graves ont été constatées dans 31 % des cas, surtout liées à des problèmes d'étourdissement (opération

qui fait perdre conscience à l'animal avant la saignée) ou de conception des locaux.

Les volailles ne sont pas beaucoup mieux loties, à en croire un audit de l'Union européenne en avril 2015 : s'il note une situation française "globalement satisfaisante", il liste quelques points noirs : l'étourdissement des volailles et le contrôle de l'étourdissement de l'ensemble des animaux. Quant au rapport de la commission d'enquête parlementaire datant de 2016, il s'inquiète de "dysfonctionnements non généralisés mais majeurs" liés à des sous-investissements. Suite à ce constat, la loi Falorni prévoit d'instau-

31 %

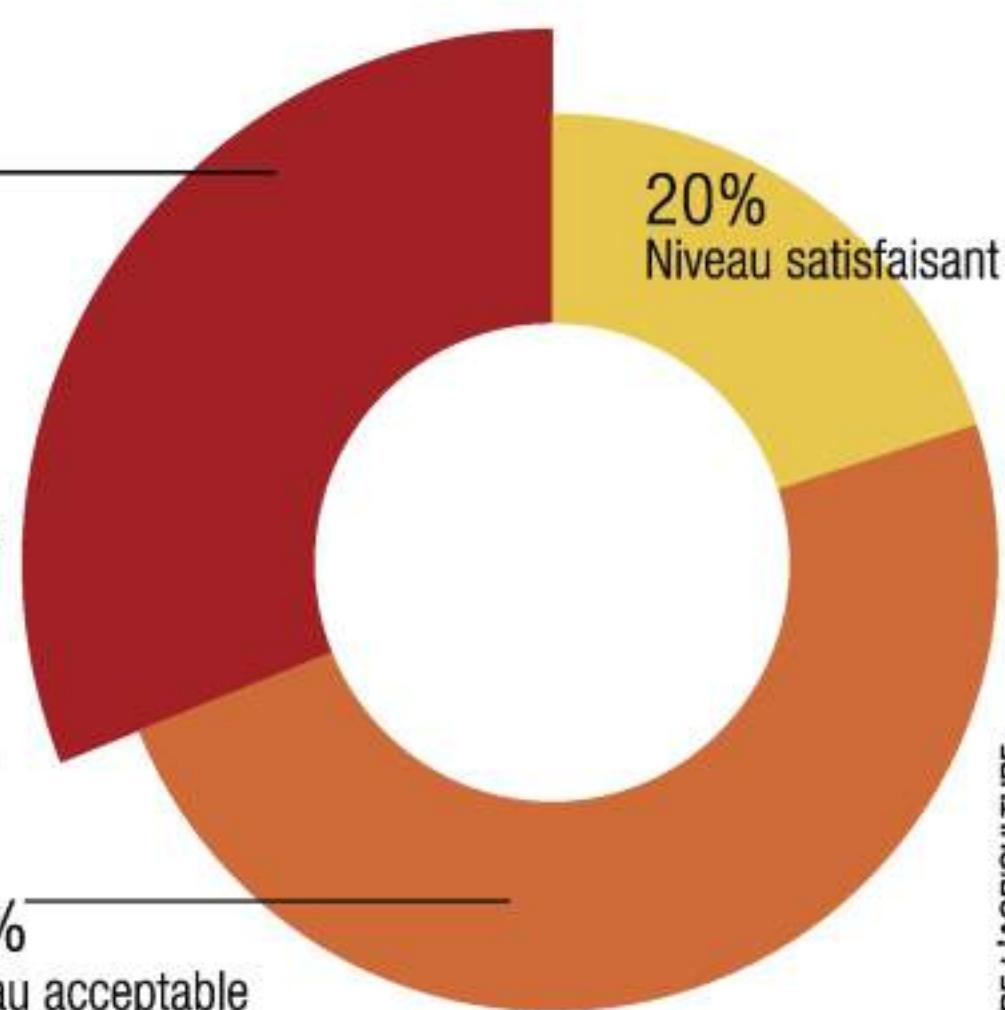
Niveau insuffisant (défauts d'étourdissement, chaînes d'abattage obsolètes ou non adaptées à l'espèce...)

49 %

Niveau acceptable (défauts de documents)

20 %

Niveau satisfaisant



SOURCE: MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

Un tiers des abattoirs ne sont pas conformes Parmi les établissements qui n'avaient pas le niveau de protection requis, 5 % présentaient des "non-conformités majeures".

rer le contrôle vidéo dans les abattoirs. La réglementation européenne impose pourtant que toute douleur, détresse ou souffrance évitable soit épargnée aux animaux lors de leur mise à mort. "A l'exception des méthodes de gazage utili-

sant le dioxyde de carbone, si l'étourdissement et la saignée sont bien menés, l'animal perd conscience sans douleur de manière instantanée et ne ressent ni douleur ni peur jusqu'à sa mort", détaille Claudia Terlouw, chercheuse à l'Inra.

Le problème est que l'étourdissement, obligatoire avant la saignée, est parfois raté. Trop souvent. En cause, des problèmes matériels, une mauvaise contention de l'animal ou un manque de formation des personnels, qui doivent recommencer l'opération. Une dérogation autorise l'abattage rituel sans étourdissement pour les filières halal et casher. Dans ce cas, lors de la saignée, l'animal souffre inévitablement avant de perdre conscience (une quinzaine de secondes pour les ovins, parfois de quelques secondes à plusieurs minutes pour les bovins).

Et dans le poisson, tout est bon ?

Consommation en hausse, bénéfice santé... Si le poisson a plus la cote que la viande, il n'est pas exempt des mêmes tensions. Des tensions sur l'environnement d'abord, avec l'impact de la pêche intensive sur les stocks, ou celle de la pêche au chalut sur les fonds océaniques. Il y a aussi le gâchis des ressources, à travers la consommation de poissons sauvages par leurs homologues carnivores (truites, daurades...): entre 1950 et 2010, 25 % des captures auraient été transformées en farines et huiles à destination des élevages (poissons mais aussi cochons et poulets). La tendance est à la baisse, la filière piscicole ayant commencé à les remplacer par des aliments à base d'insectes et d'algues. Il y a aussi des tensions sur la santé. Vu la concentration du poisson en polluants (dioxines, mercure...), l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation recommande seulement deux portions par semaine. Et la pisciculture, qui concentre parfois des milliers d'individus, favorise elle aussi les résistances aux antibiotiques. Quant à la question du bien-être des poissons, le sujet commence tout juste à émerger. Pourtant, "le poisson présente des structures attestant sa capacité à percevoir la douleur et intégrer une situation négative", affirme Marie-Laure Bégout, chercheuse à l'Ifremer.

ÉDITION SPÉCIALE

100 INFOS QUE VOUS N'AVIEZ PAS SUR LES GAULOIS

SCIENCE & VIE

QUESTIONS RÉPONSES

HORS-SÉRIE |
N°2 SEPTEMBRE 2017

MONDADORI FRANCE

Alésia
Banquet
César
Druide
Ecole
Femmes
Gergovie
Hutte
Irréductibles

LA VRAIE VIE D'ASTÉRIX EN 100 QUESTIONS

Jeux olympiques
Knock-out
Légionnaires
Menhirs
Navigateurs
Obésité
Poissons
Qu'en-dira-t-on
Routes
Sesterces
Tombes
Unités
Vin
Wisigoths
X, Y, Zizanie

SCIENCE & VIE D'ASTÉRIX |



SCIENCE & VIE
JUNIOR

AINSI VIVAIENT LES GAULOIS...

EN VENTE ACTUELLEMENT

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



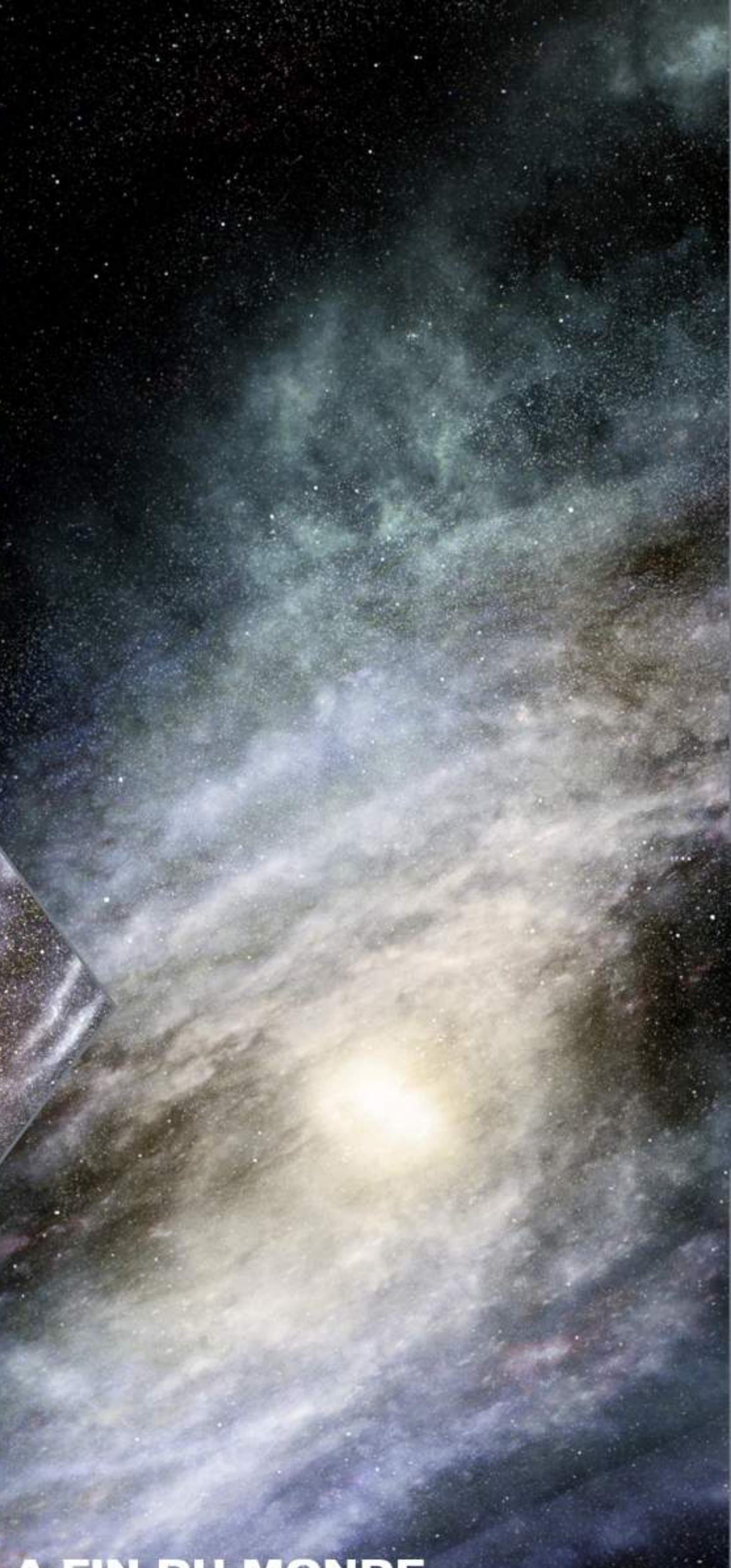
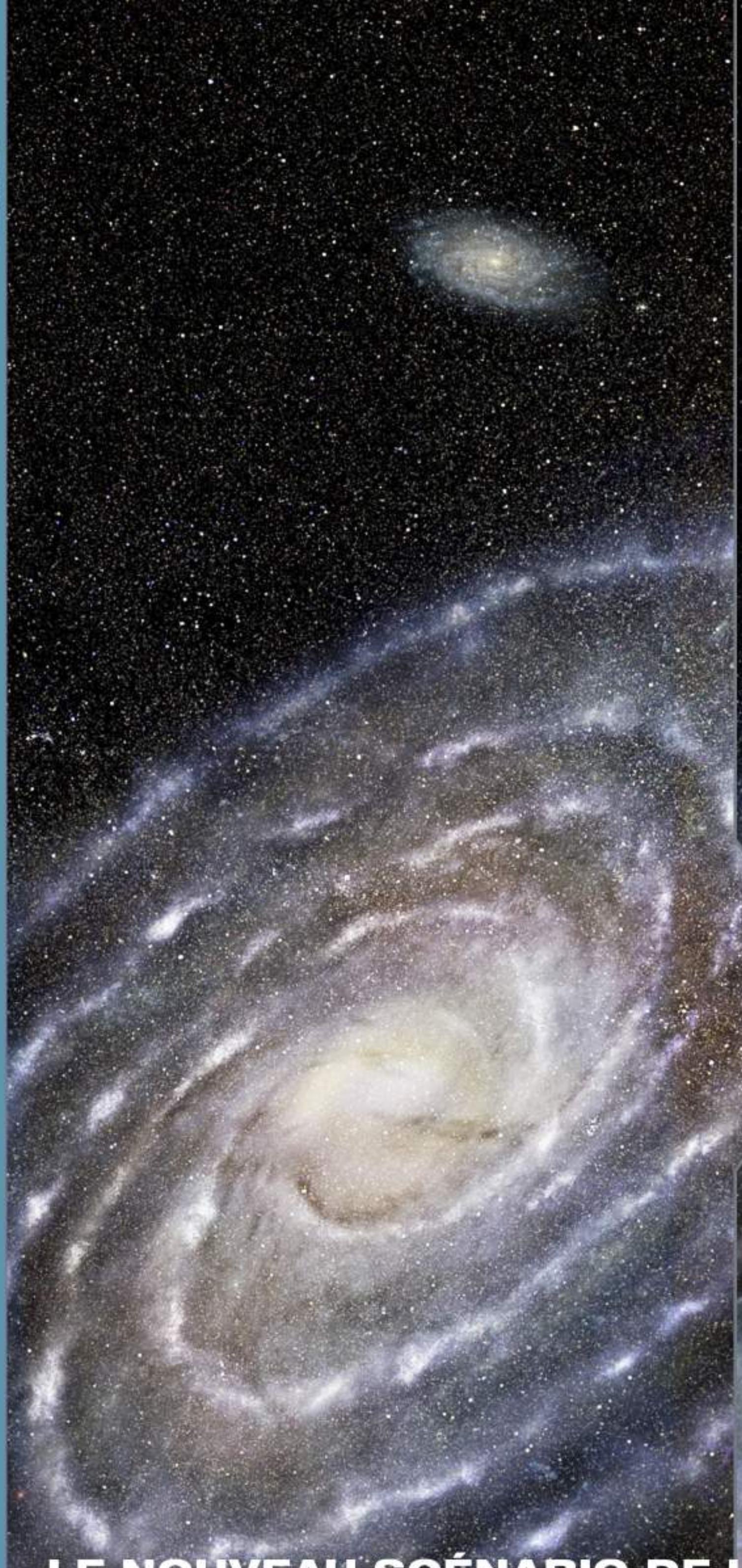
UN JOUR LE TEMPS VA S'ARRÉTER

DEUX MESURES CHANGENT LE DESTIN DE L'UNIVERS

À LA
UNE

Depuis deux ans, un grain de sable s'est glissé dans les rouages de la mécanique céleste. Les cosmologistes pensaient que le destin de l'Univers était scellé : il continuera à s'étendre pour l'éternité, de plus en plus vide et froid. Mais deux équipes de chercheurs avancent de nouvelles mesures qui pourraient tout changer. Elles indiquent que l'Univers s'étend un peu plus vite que prévu. Et cette petite différence suffit pour faire revenir sur le devant de la scène un scénario autrement plus violent, dit du "grand déchirement". L'Univers serait alors lancé dans une course folle vers l'autodestruction, qui s'achèvera dans 20 milliards d'années en une effroyable explosion cosmique. Et ce jour-là, tout s'arrêtera... même le temps.

PAR SERGE BRUNIER, AVEC MATHILDE FONTEZ



LE NOUVEAU SCÉNARIO DE LA FIN DU MONDE DANS 20 MILLIARDS D'ANNÉES, LES

Milliards d'années après milliards d'années, l'expansion de l'Univers s'accélère, éloignant irrésistiblement les astres les uns des autres. Alors que, dans le bras d'Orion de la Voie lactée, le Soleil devenu géante rouge engloutit la Terre, cette extension de l'espace commence à prendre le dessus sur la gravitation.

50 millions d'années avant la fin, soit dans 20 milliards d'années environ, l'expansion a tellement éloigné les amas de galaxies qu'ils sont hors de la vue des plus puissants télescopes. Laniakea, notre superamas, se disloque; puis c'est au tour de toutes les galaxies qu'il abrite, y compris la Voie lactée.

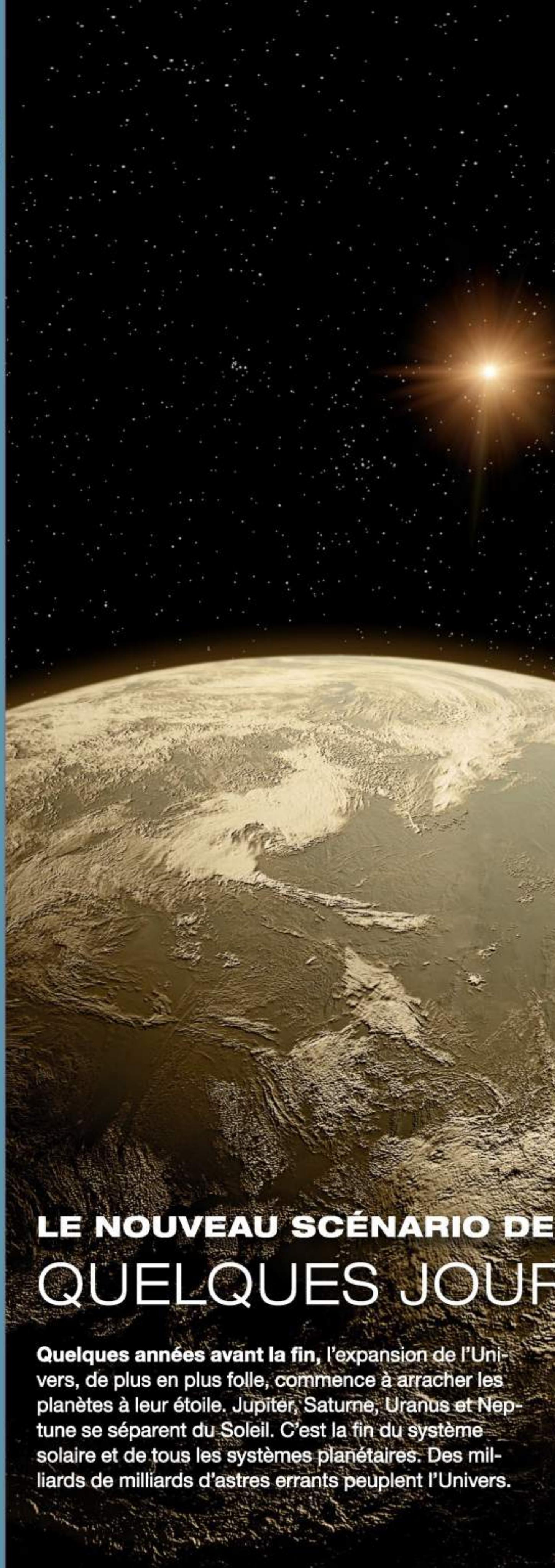


À LA
UNE

GALAXIES VONT S'ÉVAPORER

20 millions d'années avant la fin, les événements s'accélèrent. Les amas ont totalement disparu et la Voie lactée n'est plus que l'ombre d'elle-même : la majorité de ses centaines de milliards d'étoiles ont été dispersées aux quatre vents de l'espace.

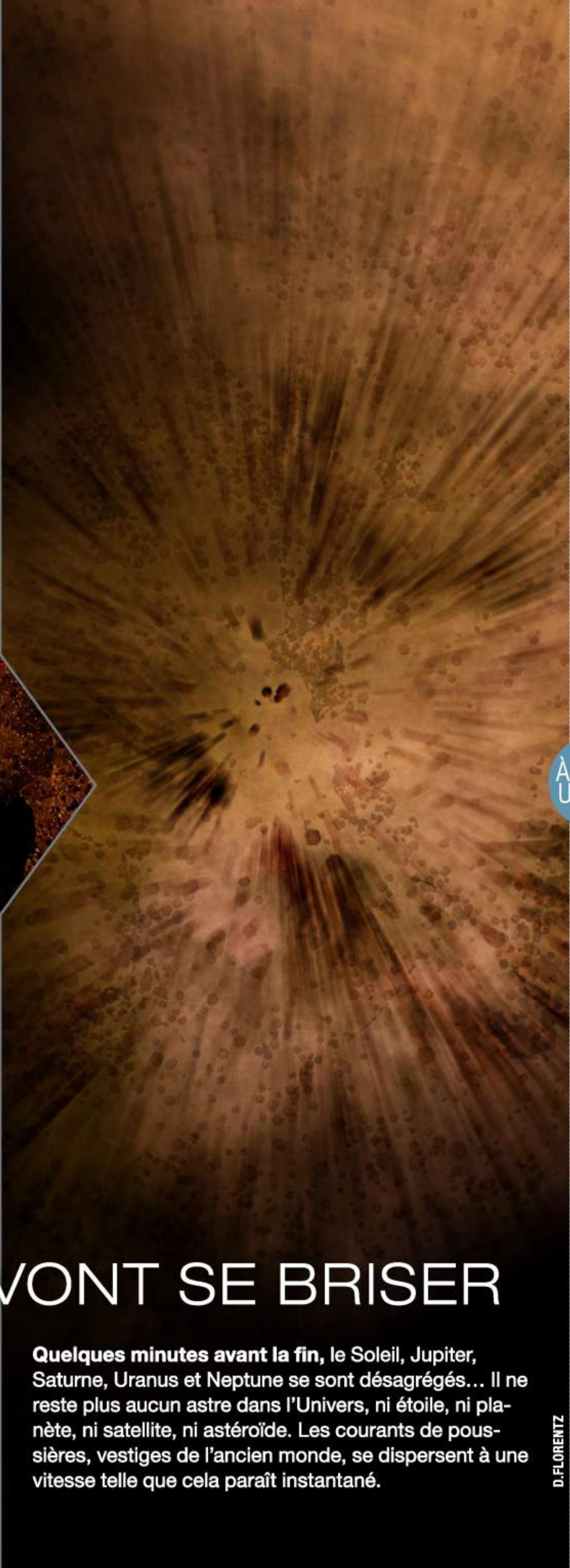
1 million d'années avant la fin, toutes les galaxies ont disparu. Elles se sont complètement évaporées, et leurs étoiles, désormais isolées, subissent à leur tour la terrible expansion cosmique. Devenu une naine blanche, étoile ultra-dense de la taille de la Terre, le Soleil s'isole dans l'espace avec les planètes qui lui restent.



LE NOUVEAU SCÉNARIO DE LA FIN DU MONDE QUELQUES JOURS AVANT LA FIN,

Quelques années avant la fin, l'expansion de l'Univers, de plus en plus folle, commence à arracher les planètes à leur étoile. Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune se séparent du Soleil. C'est la fin du système solaire et de tous les systèmes planétaires. Des milliards de milliards d'astres errants peuplent l'Univers.

Quelques jours avant la fin, les planètes sont si éloignées de leur étoile que leur ciel apparaît totalement vide et obscur. C'est la nuit permanente sur toutes les planètes de l'Univers. Et sur chacune d'entre elles, la gravité, compensée par l'expansion, commence à s'affaiblir.

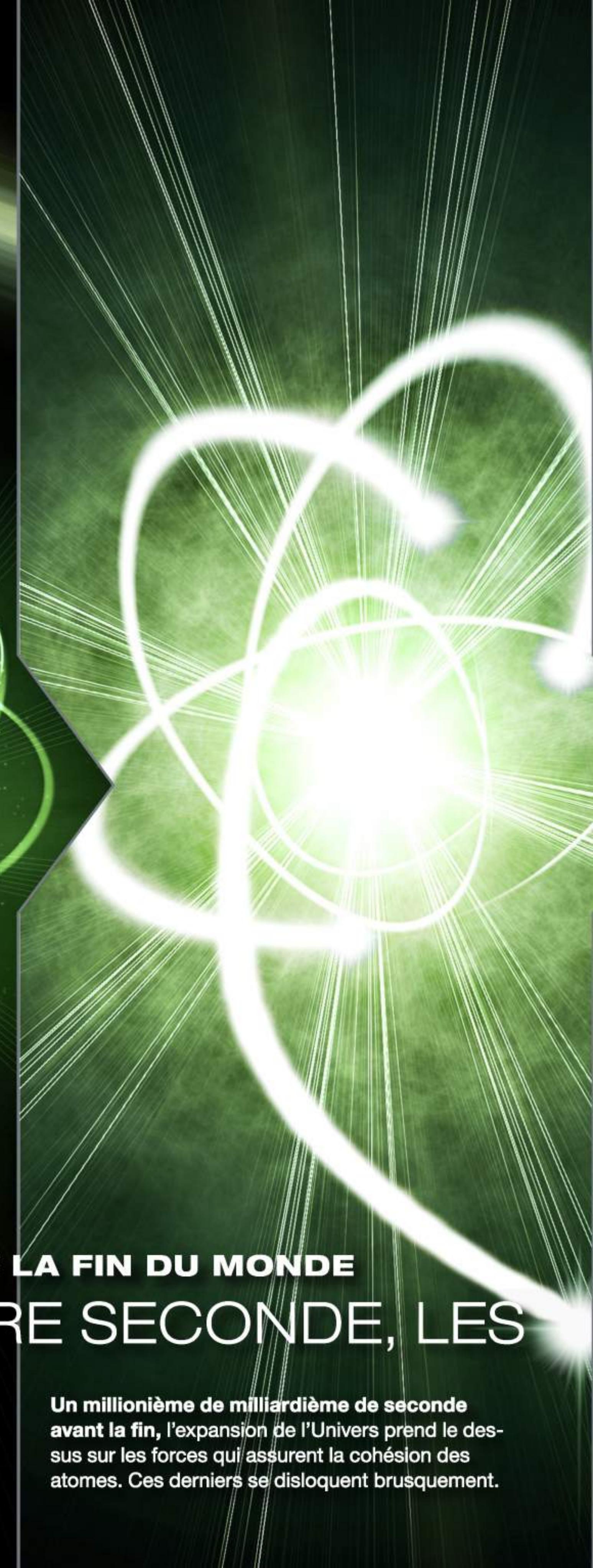


À LA
UNE

LES PLANÈTES VONT SE BRISER

Une heure avant la fin, les planètes se fissurent, se brisent, dispersant leur matière alentour dans de gigantesques nuages de poussières. Puis c'est au tour des étoiles de se disloquer. Le phénomène est d'une violence inouïe : en quelques dizaines de minutes, tous les astres sont détruits.

Quelques minutes avant la fin, le Soleil, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune se sont désagrégés... Il ne reste plus aucun astre dans l'Univers, ni étoile, ni planète, ni satellite, ni astéroïde. Les courants de poussières, vestiges de l'ancien monde, se dispersent à une vitesse telle que cela paraît instantané.



LE NOUVEAU SCÉNARIO DE LA FIN DU MONDE DANS LA DERNIÈRE SECONDE, LES

Une seconde avant la fin, il n'y a plus de témoin pour assister au dernier souffle de l'Univers. Seuls vestiges d'un monde détruit: les atomes, emportés par l'expansion cosmique à une vitesse faramineuse.

Un millionième de milliardième de seconde avant la fin, l'expansion de l'Univers prend le dessus sur les forces qui assurent la cohésion des atomes. Ces derniers se disloquent brusquement.



À LA
UNE

ATOMES VONT SE DISLOQUER

Un milliardième de milliardième de seconde avant la fin, les constituants des atomes – électrons, quarks –, les photons... rien ne survit à l'énergie atteinte par l'Univers dans cette folle expansion.

A l'instant zéro final, l'Univers est totalement vide et sa vitesse d'expansion infinie... Cette explosion cosmique en sonne le glas. Le temps s'arrête. C'est la fin de tout.

D'abord l'indifférence polie. Puis des hausses-ments d'épaules. Enfin, des doutes, des interro-gations... et de l'excitation. Telles ont été successivement, depuis deux ans, les réactions des cosmologistes – ces scientifiques qui étudient l'Univers dans son ensemble – à la publi-cation de nouvelles mesures de la "constante de Hubble".

La constante de Hubble? Ce nombre est tout simplement la vitesse à laquelle s'étend l'Univers: il quantifie son expansion, sa dilatation, sa pro-pension à ne cesser de s'étirer tel un film plastique. Et, partant, son âge, son histoire depuis les origines, son évolution... et sa fin.

La mesure de cette constante, notée H_0 , est depuis près de cent ans l'enjeu cosmologique numéro un. Etablie pour la première fois en 1929 par le célèbrissime astronome amé-ricain Edwin Hubble, elle a occupé depuis à elle seule trois générations d'astronomes. La question est simple: de combien grandit un cube d'espace d'une dimension donnée – les cos-mologues prennent comme référence une longueur de 1 mégaparsec (Mpc), soit 3,26 millions d'années-lumière?

LA VOCATION DE HUBBLE

Dans les années 1980, la question a même tourné à la lutte ouverte entre deux écoles, l'une proposant une valeur de 50 km/s/Mpc, l'autre de 100 km/s/Mpc... jusqu'à ce qu'au tournant du III^e millénaire, l'astro-nome californienne Wendy Freed-man sonne la fin de la récréation en utilisant le télescope spatial *Hubble* – dont on a oublié, comme son nom l'indique pourtant, qu'il avait été conçu essentiellement pour résoudre "le problème de la constante de Hubble". La valeur de 75 km/s/Mpc s'impose, mais reste entachée d'une imprécision de l'ordre de 10 %.

Et c'est finalement en 2013 que le té-lescope submillimétrique et millimé-trique *Planck* établit ce que l'on croit être la mesure définitive: →

DEUX MESURES QUI CHANGENT TOUT

La valeur fixée par *Planck* semblait définitive

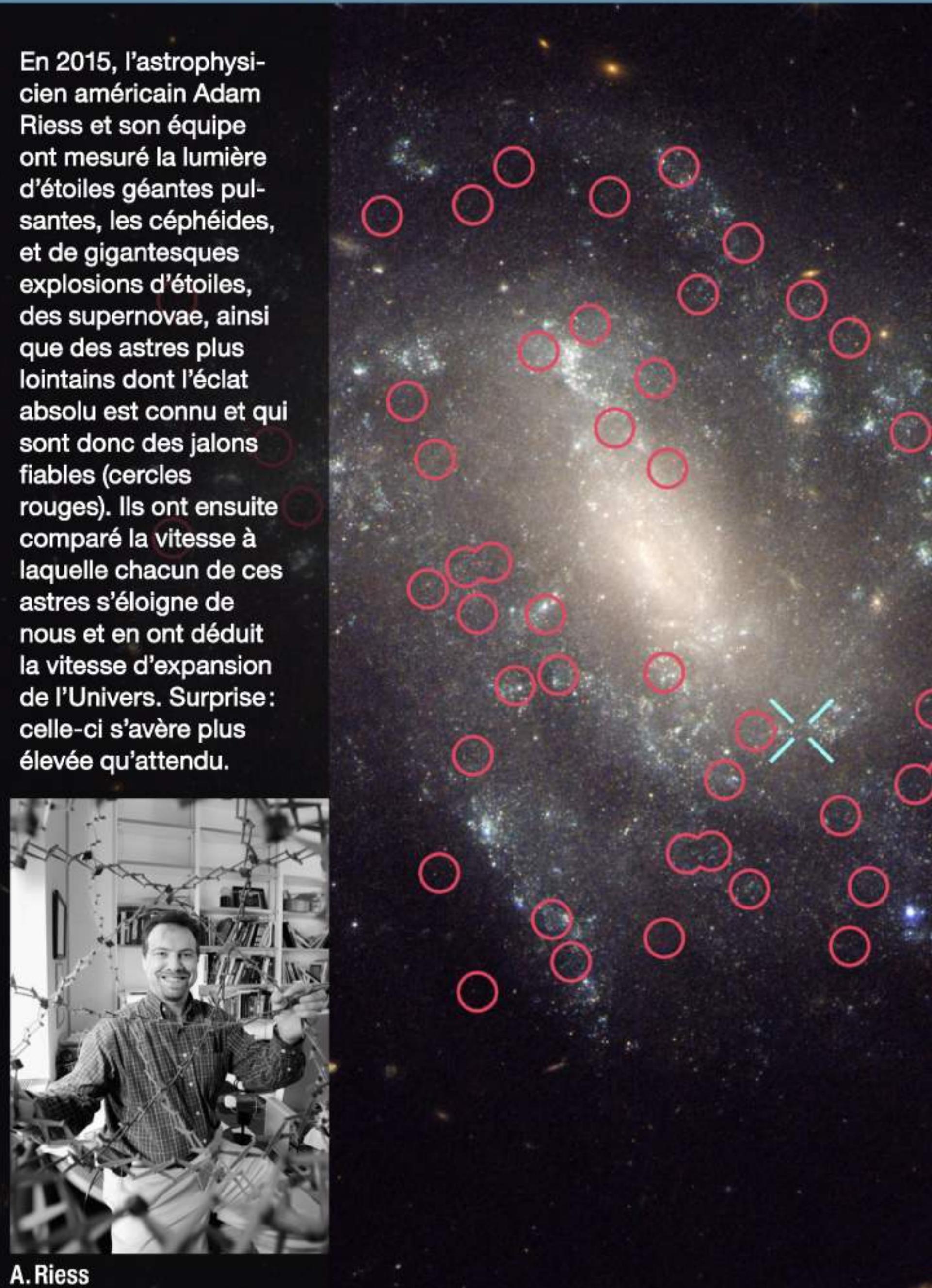
En 2013, l'observatoire spatial *Planck* a permis de mesurer avec une grande précision la "constante de Hubble", qui correspond à la vitesse d'expansion de l'Univers (voir ci-contre). Cruciale pour la cosmologie, cette valeur était jusque-là incontestée, même si elle n'a pas été mesurée directement mais déduite des infimes variations de la tempé-rature de l'Univers, vestige du cosmos tel qu'il était 370 000 ans après le big bang.

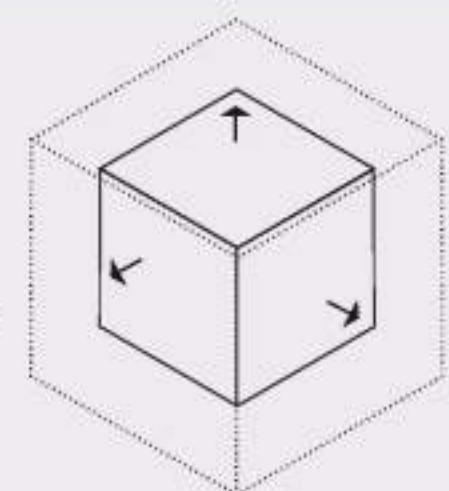
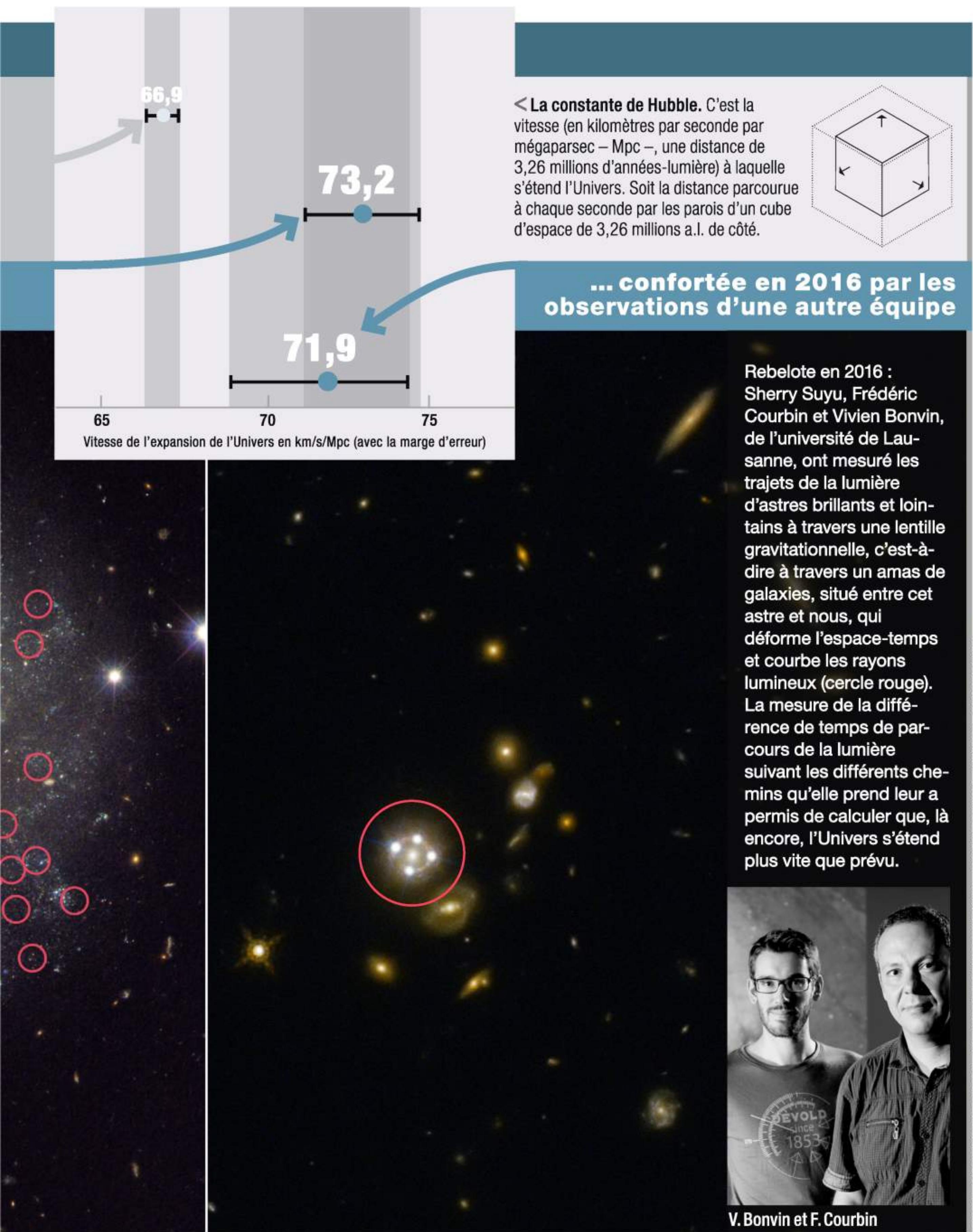
Mais en 2015, une nouvelle mesure donne une vitesse d'expansion bien supérieure...

En 2015, l'astrophysicien américain Adam Riess et son équipe ont mesuré la lumière d'étoiles géantes pul-santes, les céphéides, et de gigantesques explosions d'étoiles, des supernovae, ainsi que des astres plus lointains dont l'éclat absolu est connu et qui sont donc des jalons fiables (cercles rouges). Ils ont ensuite comparé la vitesse à laquelle chacun de ces astres s'éloigne de nous et en ont déduit la vitesse d'expansion de l'Univers. Surprise: celle-ci s'avère plus élevée qu'attendu.



A. Riess





La constante de Hubble. C'est la vitesse (en kilomètres par seconde par mégaparsec – Mpc –, une distance de 3,26 millions d'années-lumière) à laquelle s'étend l'Univers. Soit la distance parcourue à chaque seconde par les parois d'un cube d'espace de 3,26 millions a.l. de côté.

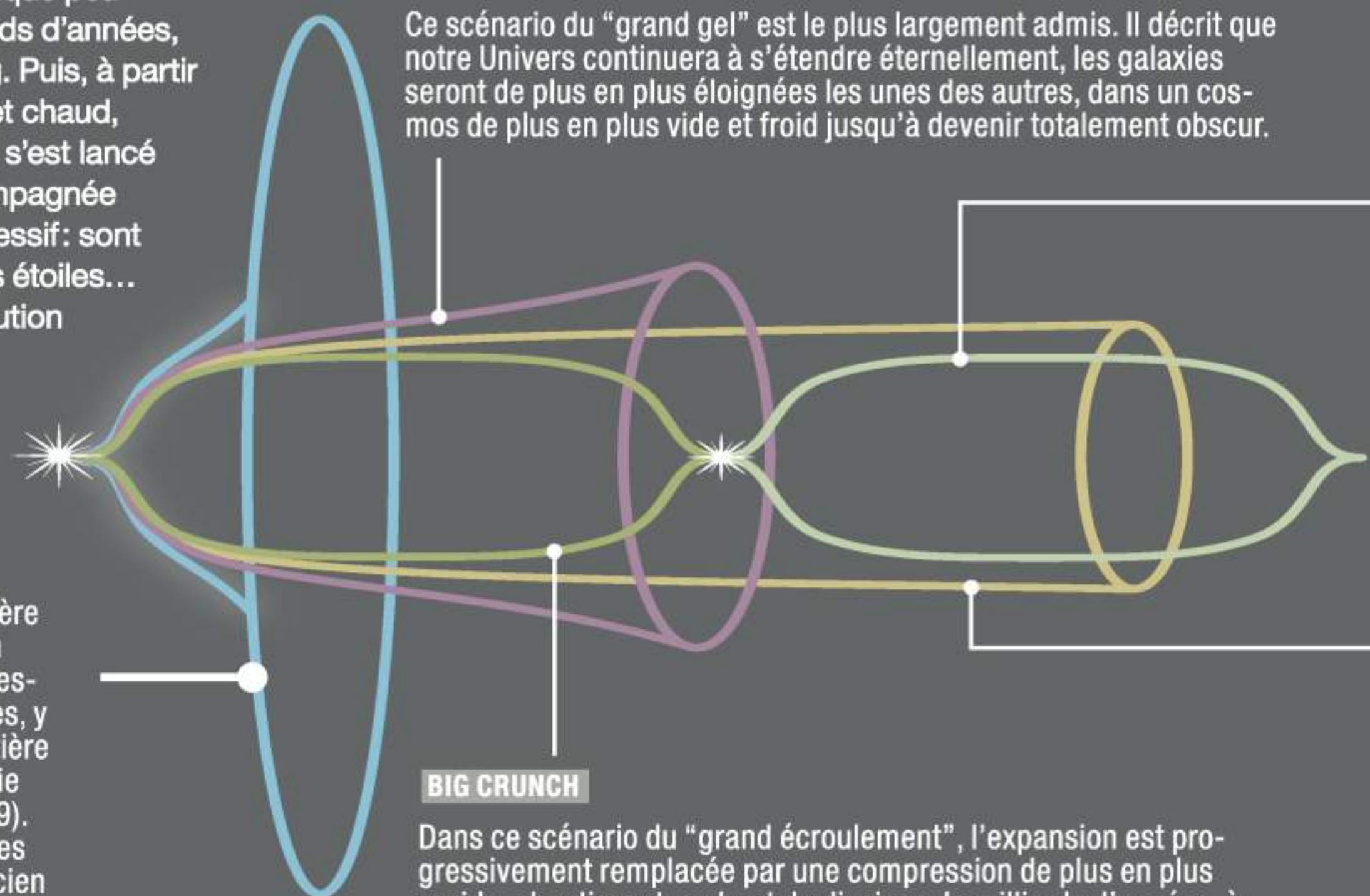
Vitesse de l'expansion de l'Univers en km/s/Mpc (avec la marge d'erreur)

LE "BIG RIP", UN NOUVEAU DESTIN POUR L'UNIVERS?

C'est une certitude scientifique peu contestée: il y a 13,7 milliards d'années, l'Univers a jailli du big bang. Puis, à partir d'un plasma hyper-dense et chaud, gorgé d'une énergie folle, il s'est lancé dans une expansion accompagnée d'un refroidissement progressif: sont nés les atomes, les gaz, les étoiles... Mais pour décrire son évolution future, divers scénarios sont en lice.

BIG RIP

Dans ce scénario du "grand déchirement", l'Univers accélère de plus en plus son expansion jusqu'à ce qu'elle prenne le dessus sur toutes les autres forces, y compris la gravitation. La matière se déchire, la densité d'énergie devient infinie (voir pp. 54 à 59). Ce scénario proposé à la fin des années 1990 par l'astrophysicien américain Robert Caldwell est favorisé par les deux nouvelles mesures de la constante de Hubble.



BIG CHILL

Ce scénario du "grand gel" est le plus largement admis. Il décrit que notre Univers continuera à s'étendre éternellement, les galaxies seront de plus en plus éloignées les unes des autres, dans un cosmos de plus en plus vide et froid jusqu'à devenir totalement obscur.

BIG CRUNCH

Dans ce scénario du "grand écroulement", l'expansion est progressivement remplacée par une compression de plus en plus rapide, aboutissant, au bout de dizaines de milliards d'années, à un big bang à l'envers où tout disparaît dans une singularité finale. Ce scénario n'a plus la faveur des astrophysiciens depuis la découverte, en 1998, de l'accélération de l'expansion de l'Univers.

→ 66,9 km/s/Mpc, après avoir scanné le ciel entier entre 2009 et 2013 pour mesurer le très léger bain de lumière et de chaleur issu des tout premiers âges de l'Univers.

Ainsi, après environ un siècle, on pensait que la messe était dite. Tous les éléments du cosmos, ses 100 milliards de galaxies, ses pléiades d'étoiles et de planètes, sont emportés loin les uns des autres à la vitesse de 66,9 km/s/Mpc. Ce qui signifie que les deux extrémités de la table, si elles n'étaient pas maintenues par la gravitation et les forces des atomes et des molécules, s'éloigneraient de 0,07 millimètre tous les millions d'années...

Le destin de l'Univers était alors écrit: il continuera à s'étendre pour l'éternité, les galaxies seront de plus en plus éloignées les unes des autres, dans un cosmos de plus en plus vide et froid, jusqu'à tendre, sans jamais les

atteindre, vers une densité et une température nulles. Une fin infiniment lente et longue, que les cosmologistes appellent "big chill" ("grand gel").

L'HISTOIRE DU COSMOS EN QUESTION

Or, depuis trois ans, une petite musique discordante se fait entendre dans le grand concert cosmologique. Car un irritant grain de sable s'est glissé dans les rouages de cette impressionnante mécanique céleste. Un rien, ou presque: des astronomes et non des moindres proclament que la bonne valeur de la constante de Hubble serait plutôt de 72 ou 73 km/s/Mpc. La différence avec la mesure de *Planck* peut paraître anodine... elle pourrait pourtant obliger les cosmologistes à réécrire toute l'histoire du cosmos!

"Ce n'est rien!", ont d'abord répondu dans un bel ensemble et avec

un haussement d'épaules les spécialistes, lorsque l'astronome Adam Riess, le premier, a remis en cause ce "modèle de concordance". C'était en 2015. Celui qui était auréolé du prix Nobel de physique (2011) pour ses travaux sur cette expansion cosmique annonçait alors crânement avoir mesuré la constante de Hubble en utilisant des "chandelles cosmiques", ces étoiles variables et supernovae lointaines. Et sa nouvelle valeur est bien supérieure à celle de *Planck*: 73,2 km/s/Mpc. Mais le satellite européen ne pouvait pas se tromper, et tout le monde a renvoyé le Prix Nobel à ses chères études.

Sauf qu'il n'était pas le seul à chercher à remesurer la fameuse constante. Une seconde équipe internationale, menée par Sherry Suyu, Vivien Bonvin et Frédéric Courbin (Ecole polytechnique fédérale de

BIG BOUNCE

L'idée du "grand rebond" est née dès les années 1930. Certains physiciens, comme Alexandre Friedmann, Georges Lemaître et Richard Tolman, puis Paul Steinhardt et Neil Turok au début des années 2000, ont considéré big bang et big crunch comme les deux faces d'une même pièce. Sui vant ce scénario, l'Univers serait cyclique et renaîtrait de ses cendres perpétuellement.

UNIVERS STABLE

Les astrophysiciens ont long- temps pensé que la force de gravitation globale de l'Univers allait finir par prendre le dessus et que l'expansion allait ralentir, puis s'arrêter. Mais ce scénario ne colle pas avec la théorie de la relativité générale d'Einstein, qui décrit un cosmos fondamentalement instable.

Lausanne) "s'acharne" dessus depuis 2004. "Nous menons des observations systématiques, deux fois par semaine, à raison de 30 minutes par objet céleste, avec de petits télescopes de l'Observatoire européen austral, au Chili, de l'Observatoire européen boréal, à La Palma, et dans quelques autres sites", précise Frédéric Courbin. Une dizaine de cibles en tout: des quasars lointains, dont la lumière est déformée par des galaxies en avant-plan qui jouent le rôle de lentilles et permettent de calculer la constante de Hubble. Un travail de fourmi...

Il leur aura fallu douze ans pour publier une première mesure. Et c'est un coup de théâtre: comme Adam Riess, ils annoncent en 2016 une valeur trop haute: 71,9 km/s/Mpc.

Difficile de continuer à affirmer que "ce n'est rien" en haussant les épaules. D'autant que ces deux dernières me-



ROBERT CALDWELL

La surprise a été de découvrir que l'Univers peut avoir une fin

Cosmologiste au Dartmouth College (Etats-Unis), inventeur du modèle du "big rip"

S&V : Comment vous est venue l'idée du "big rip" ?

Robert Caldwell : Nous étions en 1999, les résultats des mesures d'Adam Riess et Saul Perlmutter montrant l'accélération de l'expansion de l'Univers venaient d'être présentés et mes collaborateurs et moi étions en train de travailler sur les causes possibles de cette accélération. Nous explorions la possibilité d'une énergie qui augmente avec le temps, une énergie que j'ai nommée "fantôme" – parce que c'est quelque chose qui vous hante mais qui pourrait ne pas être réel. Ce n'est qu'ensuite, en examinant les propriétés d'un Univers peuplé d'une telle énergie, que nous avons été vraiment surpris: nous avons découvert que si l'énergie fantôme existe, elle provoque une singularité dans le futur de l'Univers: l'Univers aura une fin ! Et quelques années plus tard, mes collaborateurs ont développé ce scénario et l'on nommé "big rip": big bang, big bounce, big crunch... il fallait que ce soit "big" !

S&V : Mais c'est le modèle du "big chill" qui s'est imposé...

R.C. : Oui, et c'est normal. Aucune mesure ne montre pour l'instant que l'accélération de l'Univers varie. Toutes montrent qu'elle est constante, même si aucune ne dit qu'il est impossible qu'elle varie à l'avenir. En voyant mon modèle, les gens se sont dit: c'est fou, mais c'est intéressant. Et surtout, on ne peut pas évacuer cette possibilité.

S&V : Sauf qu'aujourd'hui, il y a ces deux nouvelles mesures qui pointent vers le big rip.

R.C. : Oui, la première, en 2015, était à la frontière entre le big chill et le big rip. Mais celles de Sherry Suyu, Frédéric Courbin et Vivien Bonvin pointent vraiment vers le big rip. C'est excitant, certes, mais l'une des leçons que j'ai tirée de la découverte de 1998 c'est qu'il est difficile de prédire l'avenir de l'Univers... Il faut attendre de nouvelles mesures. Peut-être ne sera-t-on jamais certain jusqu'à ce que le big rip se produise.

Propos recueillis par M.F.

→sures sont indépendantes, cohérentes entre elles. Et elles sont directes, contrairement à la mesure de *Planck*, qui dépend des modèles théoriques injectés dans les calculs.

L'indifférence polie laisse alors peu à peu place au froncement de sourcils. Le doute s'installe. Et les langues se délient. *“Il est vrai que le satellite Planck n'a mesuré ni distance ni vitesse... Et que les valeurs en dessous de 72 ne collent pas bien avec nos propres observations de l'Univers local”*, glisse Hélène Courtois, spécialiste de l'étude des galaxies et découvreuse du “continent cosmique” Laniakea. *“Je penche plutôt pour une valeur comprise entre 72 et 74 km/s/Mpc.”*

Wendy Freedman, quant à elle, vient de se fendre d'un éditorial dans la revue de référence en astronomie pour constater que *“nous vivons un moment très intéressant”*, avec une cosmologie *“à la croisée des chemins”*. *“Les exemples sont nombreux dans l'histoire de la cosmologie où de telles différences ont conduit à de nouvelles découvertes”*, écrit-elle.

DES HYPOTHÈSES RENVERSANTES

Car cette infime différence de 5 km/s/Mpc pourrait tout changer. *“Ce sont souvent des grains de sable qui ont bouleversé les certitudes et vu l'avènement de modèles radicalement nouveaux. La relativité générale est née d'un infime glissement de l'orbite de Mercure autour du Soleil...”* abonde l'astrophysicien français Alain Riazuelo, de l'Institut d'astrophysique de Paris.

Bien sûr, cette différence pourrait provenir d'erreurs statistiques mal évaluées: la mesure d'Adam Riess souffre d'incertitudes qui ont le mauvais goût d'augmenter avec la distance des astres observés. Quant à la méthode des astronomes suisses, elle n'est utilisable actuellement que sur une dizaine de lentilles gravitationnelles, un tout petit échantillon...

Autre hypothèse: ce décalage pourrait être dû à un effet purement lo-

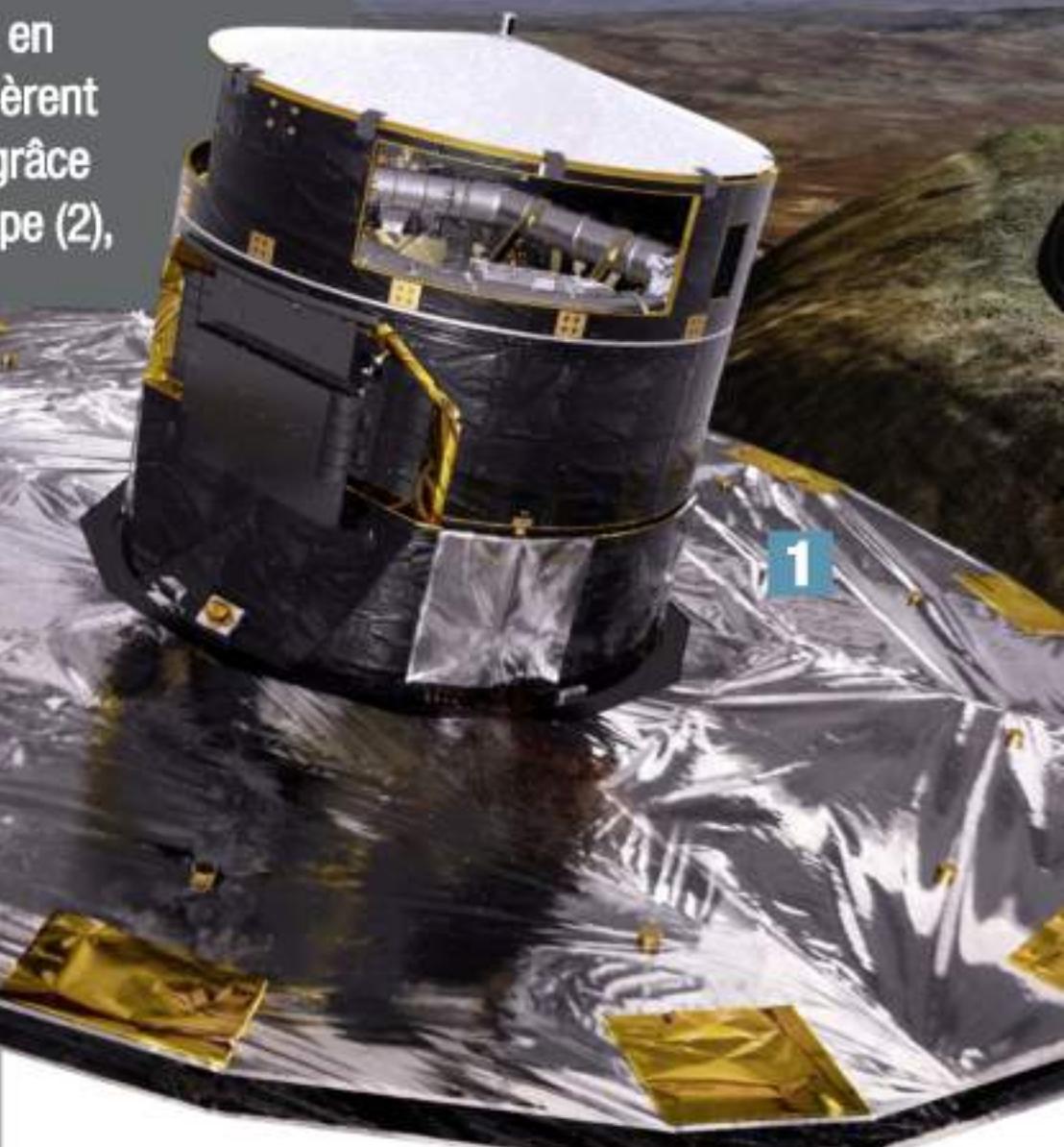
Les futurs télescopes en arbitres

Les nouvelles mesures de l'accélération de l'expansion de l'Univers sont attendues. Avec en particulier la mise en service, l'an prochain, du satellite européen *Gaia* (1), capable d'observer des étoiles lointaines, puis celle du Large Synoptic Survey Telescope (3), qui devrait scanner à partir de 2020 la moitié du ciel en haute résolution. Les astrophysiciens espèrent même “voir” cette accélération en direct grâce au futur European Extremely Large Telescope (2), qui pourra suivre le mouvement des étoiles sur plusieurs décennies.

cal. La Terre se trouverait dans une région un peu plus vide de l'Univers, ce qui expliquerait une vitesse d'éloignement des étoiles plus élevée, celles-ci étant moins retenues qu'ailleurs par la gravité. Une hypothèse déjà envisagée par le passé, qui est toutefois difficile à réconcilier avec les observations.

Mais si la valeur de la constante de Hubble tourne bien autour de 72 km/s/Mpc et si ce n'est pas dû à une bizarrerie locale, il n'y a alors que deux solutions, toutes deux renversantes.

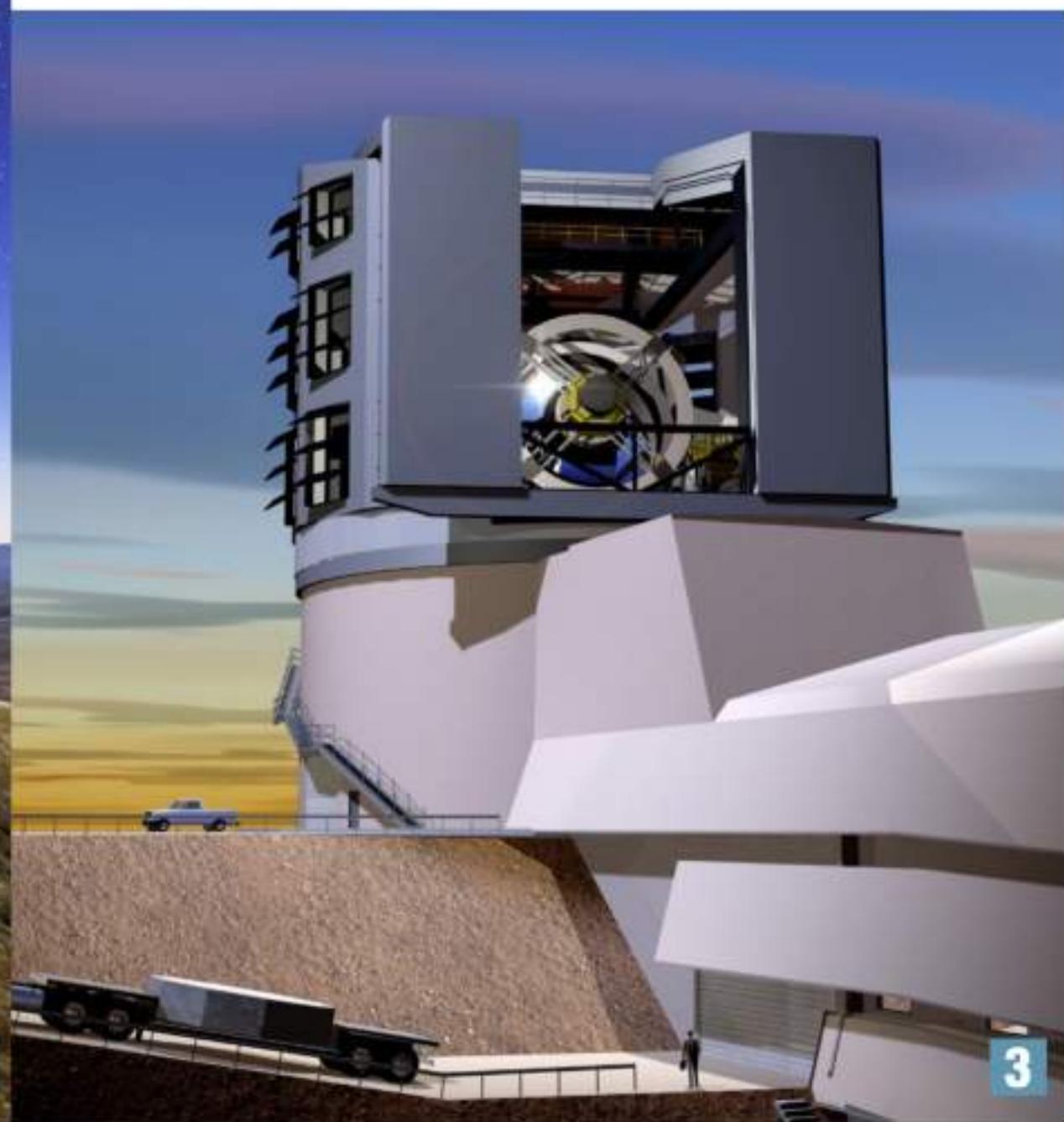
La première: le décalage entre *Planck*, qui extrapole H_0 à partir de l'expansion de l'Univers 380 000 ans après le big bang, et les deux autres méthodes, qui mesurent la vitesse dans notre voisinage galactique d'aujourd'hui, pourrait s'expliquer par une brusque accélération subie par l'Univers entre ces deux moments. Une accélération causée par une matière exotique: *“Peut-être existe-t-il une nouvelle particule, un neutrino massif, appelé aussi neutrino stérile, indétectable ou presque, qui aurait ‘boosté’ l'expansion au début de l'Univers”*, spécule Adam Riess.



Si c'est le cas, bingo! Les astronomes auraient, par la même occasion, levé un des grands mystères actuels: celui de la matière noire, qui résiste à toutes les tentatives de détection mais dont on perçoit l'influence gravitationnelle dans le mouvement des galaxies et des amas.

Vivien Bonvin et son équipe développent une autre solution, à la fois plus simple et plus révolutionnaire: ce 72 km/s signifierait que l'Univers s'étend plus qu'on ne le pensait, sous l'effet d'une force qui s'amplifie au cours du temps. Avec des conséquences dramatiques: *“Une valeur haute de la constante de Hubble pourrait indiquer une fin rapide de l'Univers”*, déclare très calmement le chercheur. *“Son expansion pourrait s'emballer plus tôt que prévu, peut-être dans une vingtaine de milliards d'années seulement, voire moins.”*

Nous y voilà: le cosmos ne serait pas éternel. Il aurait déjà vécu plus du tiers de sa vie et serait lancé dans



2

3

une course folle à l'autodestruction. Car les 72 km/s correspondent à la valeur prédictive par un modèle cosmologique alternatif proposé en 1999 et nommé "big rip" ("grand déchirement"), dont la dynamique est radicalement différente du big chill. "C'est excitant", lâche Robert Caldwell, l'inventeur de ce scénario radical (lire entretien, page précédente).

"Dans ce modèle, l'accélération de l'expansion de l'Univers augmente tellement que la densité de son énergie devient infinie dans un temps fini,

Ce sont souvent des grains de sable qui ont bouleversé les certitudes et vu l'avènement de modèles radicalement nouveaux

précise Alain Riazuelo. *Il y a une singularité et l'Univers a une fin.*" Vivien Bonvin a fait le calcul: une fois injectée dans le modèle du big rip, sa valeur de la constante de Hubble prédit la fin de l'Univers dans... vingt petits milliards d'années seulement, avec dislocations successives des galaxies, des planètes, puis des atomes (voir pp. 54 à 59).

Mais avant de mettre le point final, restera à transformer le froncement de sourcil en "eurêka!" partagé par toute la communauté. Nous n'aurons pas à attendre longtemps. Dès l'an prochain, la méthode de Riess gagnera en précision grâce au satellite européen *Gaia*, qui offrira aux astronomes la distance et la luminosité absolue des Céphéides jusqu'à 3 millions d'années-lumière d'ici.

Sherry Suyu, Frédéric Courbin et Vivien Bonvin, eux, s'apprêtent à publier une nouvelle valeur de la

ALAIN RIAZUELO
Astrophysicien à l'Institut d'astrophysique de Paris

constante de Hubble, dès la fin de l'année peut-être. Et même si leurs calculs sont en cours de traitement, on sent déjà qu'ils ne sont pas décidés à la faire baisser. Sachant que ce travail pionnier, "artisanal", va bientôt devenir "industriel": *"Nous observons désormais toutes les nuits, avec le télescope de 2,2 m européen de La Silla, au Chili,* précise Frédé-

ric Courbin; *à ce rythme, nous allons pouvoir affiner encore nos mesures.*"

Et ce n'est pas tout: l'équipe européenne compte beaucoup sur le Large Synoptic Survey Telescope qui sera mis en service en 2020 par les Américains. *"Il scannera la moitié du ciel du Chili, toutes les nuits, avec une caméra de 2 milliards de pixels!* s'enthousiasme Vivien Bonvin. *Il devrait découvrir mille lentilles gravitationnelles en quelques années! Notre échantillon de cibles célestes va augmenter prodigieusement..."*

A plus long terme, le Graal absolu des cosmologistes serait de "filmer" en direct l'expansion de l'Univers. Mesurer avec une très grande précision la vitesse de fuite d'une galaxie, puis la remesurer dix, vingt, trente ans plus tard. Il faudra pour cela un spectrographe d'une grande précision – il en existe déjà –, capable de disséquer, longueur d'onde par longueur d'onde, la lumière de la galaxie choisie, associé à un télescope gigantesque, comme le futur European Extremely Large Telescope et son miroir de 39 m de diamètre. Ce sera l'indication la plus fiable possible du destin de l'Univers...

Nous saurons alors si, un jour, le temps va s'arrêter.

À LA UNE

Destin de l'Univers LE RÔLE CLÉ D'UNE ÉNERGIE FANTÔME

Saisir la nature de “l'énergie noire”, responsable de l'expansion de l'Univers, reste le défi numéro un de la cosmologie. Cela fait vingt ans que les théoriciens s'y attellent... sans résultat pour l'instant.

Les cosmologistes ont le sens de la formule. “Je l'ai appelée ‘énergie fantôme’ parce qu'elle me hante, et qu'elle n'existe peut-être pas”, raconte le physicien Robert Caldwell, du Dartmouth College (Etats-Unis). D'autres la nomment “quintessence” ou “énergie sombre”. Mais elle est plus généralement connue sous le nom d’“énergie noire”.

De la nature de cette mystérieuse substance dépend l'avenir du cosmos. C'est elle que les astronomes espèrent trouver en mesurant la vitesse d'expansion des astres. C'est elle que les deux nouvelles mesures de la constante de Hubble donnent l'espoir de comprendre (lire p. 62). Quelle est donc cette force qui commande au destin de l'Univers ? C'est la question clé, et sans doute la plus grande énigme de la cosmologie.

Une question pourtant bien neuve à l'échelle de la science. Elle se pose depuis seulement vingt ans. En mesurant la lumière émise par des supernovae, ces explosions d'étoiles qui permettent d'évaluer les distances dans le cosmos, les astrophysiciens ont découvert, en 1998, que l'expansion de l'Univers s'accélère...

Une découverte extraordinaire qui a valu à ses auteurs, Saul Perlmutter,

Brian Schmidt et Adam Riess, le prix Nobel de physique en 2011, et qui a depuis été confirmée par les observations du télescope *WMAP* en 2001, puis du télescope *Planck* en 2013 (voir chronologie).

On sait, depuis, que la trame spatiale cosmique est sans cesse étirée, tel un film plastique élastique. Mais avec cette nouvelle mesure, force est de constater que la vitesse avec laquelle l'espace s'étire est de plus en plus élevée.

UNE GRAVITATION INVERSÉE

Voici donc ce qu'il se passe : quelque chose fait enfler l'Univers. Une sorte de gravitation inversée qui pousse les astres à s'éloigner les uns des autres toujours plus vite. Et l'énergie déployée pour cela est prodigieuse : elle représente 69,4 % de l'énergie totale contenue dans l'Univers.

Quelle est donc cette énergie ? D'où vient-elle ? Les spécialistes ont aussitôt pensé à l'attribuer... au vide, ranimant par là une idée ancienne. Dès les années 1920, alors que les physiciens étaient en train de concevoir les lois qui régissent la matière à ses plus petites échelles, ils s'étaient aperçus que même les régions les plus vides foisonnent d'énergie. Du fait des



> De la nature de cette énergie dépend la possibilité que le temps s'arrête un jour.

fluctuations aléatoires inhérentes au monde quantique, les champs de forces qui y règnent ne sont jamais complètement nuls mais oscillent sans cesse autour du zéro. Autrement dit, le vide, bien que dépourvu de toute matière, devrait être une source d'énergie considérable. Ne serait-ce donc pas cela qui pousse le cosmos à accélérer sa course ?

Sauf que lorsqu'ils calculent la valeur de l'énergie associée à ces fluctuations quantiques, les physiciens trouvent un nombre énorme, d'un tout autre ordre de grandeur que celui recherché. Jugez plutôt : l'écart entre l'énergie mesurée par Saul Perlmutter, Brian Schmidt et Adam Riess et l'énergie du vide quantique est de l'ordre de 10^{120} ... Un 1 suivi de 120 zéros. C'est peu dire que ça ne colle pas ! Cette différence est à peu près du même ordre que celle entre le volume d'un atome d'hydrogène et 10 milliards de fois celui de l'Univers connu !

Même en se basant sur d'hypothétiques extensions des théories de la



100 ANS DE RECHERCHES COSMIQUES

1917

Alors qu'**Albert Einstein** cherche à décrire l'évolution de l'Univers à partir de la théorie de la relativité générale, qu'il a élaborée deux ans plus tôt, il introduit dans son équation une constante qui contrebalance l'attraction de la matière. Ce qui rend l'Univers statique, comme les observations semblent le montrer à l'époque...

1929

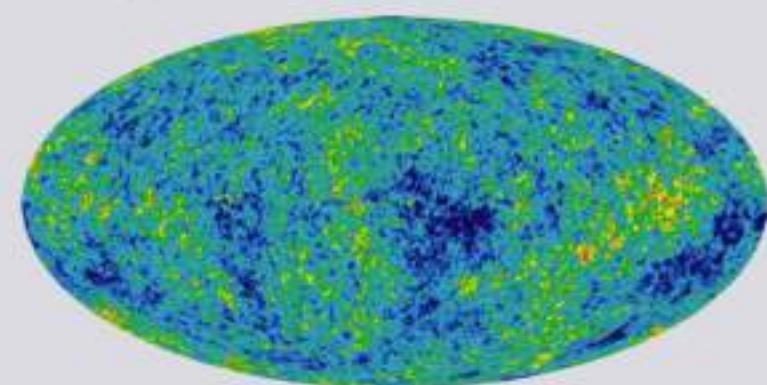
En combinant ses propres mesures de distance des galaxies avec celles réalisées par d'autres astronomes, **Edwin Hubble** montre que plus les galaxies sont lointaines, plus elles s'éloignent vite. L'Univers est donc en expansion.

1998

En analysant la lumière d'une cinquantaine de supernovae très éloignées, **Saul Perlmutter, Brian Schmidt** et **Adam Riess** ont montré que l'expansion de l'Univers s'accélère.

2001

L'observation, par le télescope **WMAP**, de la première lumière de l'Univers, émise 380 000 ans après le big bang, confirme et mesure avec précision cette accélération de l'expansion cosmique. Une donnée encore affinée en 2013 par le satellite **Planck**.



2015-2016

Adam Riess d'un côté et **Sherry Suyu, Frédéric Courbin et Vivien Bonvin** de l'autre publient de nouvelles mesures de l'accélération, plus élevées que prévu. Le destin de l'Univers est remis en question.

matière, les valeurs demeurent très éloignées. Par exemple, grâce aux particules prédictes par la supersymétrie, qui constitue encore aujourd'hui la meilleure tentative d'une description complète et cohérente de la matière, une partie de cette énergie est compensée... mais la différence avec la valeur observée reste de l'ordre de 10^{60} ! Soixante zéros de trop, donc, soit à peu près la différence entre le volume de l'atome d'hydrogène et 10 fois celui de la Terre. *“Le gros problème est que cette énergie doit être petite. Et l'autre problème est qu'elle doit être grosse”*, observe en souriant Alain Riazuelo, de l'Institut d'astrophysique de Paris.

Le travail est toujours en cours : des dizaines d'équipes continuent d'explorer la piste du vide, retravaillant le formalisme de la théorie quantique des champs, qui allie la mécanique quantique et la relativité restreinte pour décrire les interactions entre les particules. Une nouvelle tentative vient même tout juste d'être publiée

par William Unruh. Le célèbre astrophysicien canadien décrit un espace-temps oscillant en chaque point entre expansion et contraction, et conclut que la somme de toutes ces minuscules fluctuations, dont la plupart s'annulent, pourrait correspondre à l'expansion que l'on observe. Sauf que, d'après ses confrères, ce modèle est pour l'instant encore beaucoup trop approximatif pour constituer une vraie explication.

En fait, la plupart des spécialistes soupçonnent que le nœud du problème se trouve... au niveau de la gravitation quantique. Et voilà le semipiternel problème de la physique moderne : l'incompatibilité entre la mécanique quantique, théorie de l'infiniment petit, et la relativité générale, la théorie de l'Univers d'Einstein. *“Il semble que ce soit au niveau de l'interaction entre les propriétés quantiques relativistes de la matière et la gravité que se situe la racine du problème*, précise Philippe Brax, théoricien au CEA. *Il est donc probable que* →

À LA UNE

→ *celui-ci reste sans solution tant que nous ne disposerons pas vraiment d'une théorie qui les décrive."*

Et il n'est même pas sûr que le problème soit tranché le jour où l'on disposera d'une solide théorie de gravitation quantique. La piste la plus aboutie aujourd'hui, la théorie des cordes, ne donne en effet pas la valeur précise de cette énergie noire. Et c'est peu de le dire ! Elle prédit 10^{500} énergies possibles pour le vide – un nombre tellement grand que les analogies sont ici quasi impossibles. Sachant que la théorie des cordes ne dit pas pourquoi, dans notre Univers, une valeur si faible s'est imposée.

Mais l'échec de cette théorie à expliquer l'énergie noire a incité certains cosmologistes à s'en sortir d'une pirouette. Ils s'appuient pour cela sur les conclusions du Prix Nobel de physique Steven Weinberg qui a calculé, dans les années 1980, que si l'accélération de l'Univers était trop forte, ni les galaxies ni les étoiles n'auraient pu se former.

L'ANTHROPIE, UNE FACILITÉ ?

Il n'y aurait alors pas à s'étonner que l'accélération ait cette valeur, ni que la Terre soit située pile à la bonne distance du Soleil pour être habitable. L'explication relève du principe dit "anthropique", selon lequel les lois de notre monde physique doivent nécessairement être compatibles avec notre propre existence. L'accélération cosmique est faible car, sinon, nous ne serions pas là pour en débattre...

La théorie des cordes prédit 10^{500} états du vide possibles ? Il n'y a qu'à admettre que tous ces états existent, sans exception : notre Univers cohabiterait avec une multitude d'autres qui prendraient chacun l'une des valeurs possibles de l'énergie du vide. Et seuls les univers dont l'accélération est suffisamment faible auraient une chance d'abriter une vie suffisamment intelligente pour se poser la question.

Mais peut-on se satisfaire d'une telle explication ? "10⁵⁰⁰ univers, c'est joli mais ce n'est pas très économique,

L'Univers pourrait aussi finir de façon imprévisible

Et si l'Univers disparaissait d'un seul coup, plus vite qu'un claquement de doigts, sans prévenir ? Idée mortifère et délirante ? Non... Conséquence improbable mais possible de la théorie du "multivers", qui séduit de plus en plus de cosmologistes depuis qu'elle a été proposée par le physicien russe Andreï Linde, il y a une quarantaine d'années : le cosmos, notre Univers, ne serait qu'une bulle spatio-temporelle apparue dans un "méta-univers" infini et éternel, qui généreraient spontanément, via une infinité de big bang, une multitude d'univers, eux-mêmes dotés de lois physiques infiniment différentes.

Si nous vivons réellement dans le "multivers", une question brûlante se pose : à quelle distance se trouve la prochaine "bulle d'univers" ? A priori, cette distance est immense, impensable même. Mais si, par un très mauvais hasard, un univers proche entrait en collision avec le nôtre, alors ces deux mondes disparaîtraient instantanément dans une débauche inimaginable d'énergie. Et nous n'en serions même pas prévenus. La fin, survenant à la vitesse de la lumière, serait instantanée. S.B.

observe Alain Riazuelo. *Et il est toujours embêtant de conclure que ce qu'on voit n'est pas très représentatif de ce qui existe. Le principe anthropique, c'est l'option que l'on choisit quand rien d'autre n'a marché."*

En attendant de lui donner corps, les cosmologistes en sont réduits à spéculer sur le comportement de l'énergie noire. Certains pensent que l'accélération de l'expansion qu'elle insuffle va se poursuivre au même rythme, d'autres qu'elle va ralentir, d'autres encore qu'elle va accélérer. On retrouve là les trois principaux modèles cosmologiques qui s'affrontent : constante cosmologique, quintessence, énergie fantôme. Et les trois destins de l'Univers qui leur sont respectivement liés : big chill, big crunch et big rip (lire pp. 62 à 67).

Le premier modèle, avec accélération constante, est la réhabilitation de la fameuse "plus grande erreur de [la] vie" d'Einstein, qui a intégré, de force, une constante dans ses équations cosmiques. Soumis à cette pression immuable, l'Univers dure éternellement : les astres s'éloignent de plus en plus, le cosmos refroidit progressivement jusqu'à n'être plus

qu'une étendue presque vide pour l'éternité. Le deuxième modèle, avec accélération ralentie, explore la possibilité que l'énergie noire s'affaiblisse au fil des milliards d'années jusqu'à devenir attractive plutôt que répulsive : l'accélération de l'Univers s'arrête pour se changer en contraction. Et le troisième modèle, avec accélération plus rapide, décrit une énergie fantôme qui s'accroît avec le temps... jusqu'à déchirer l'Univers.

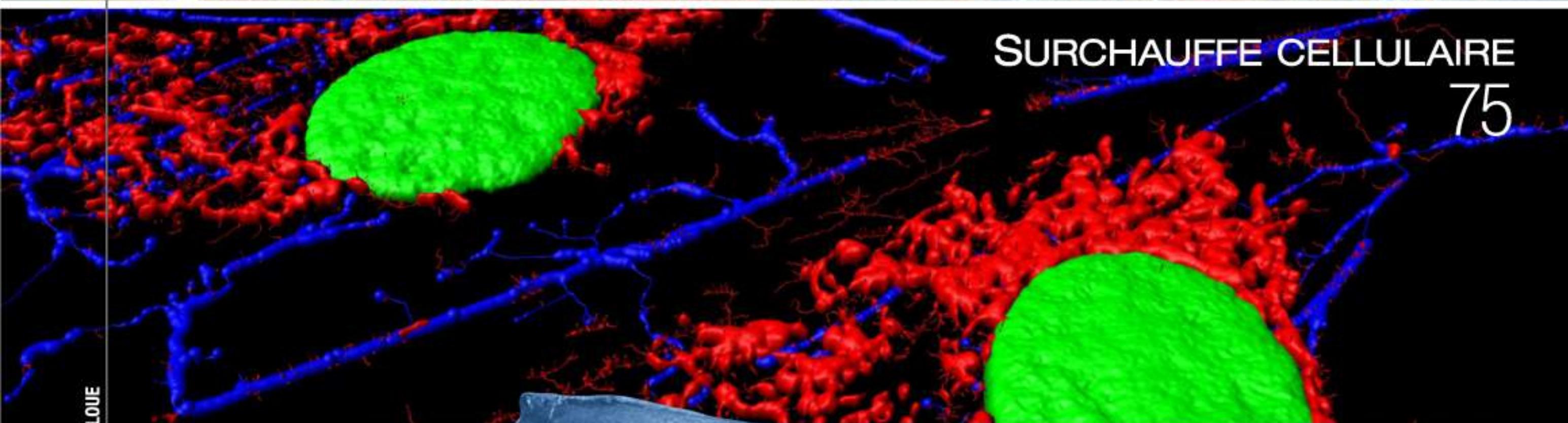
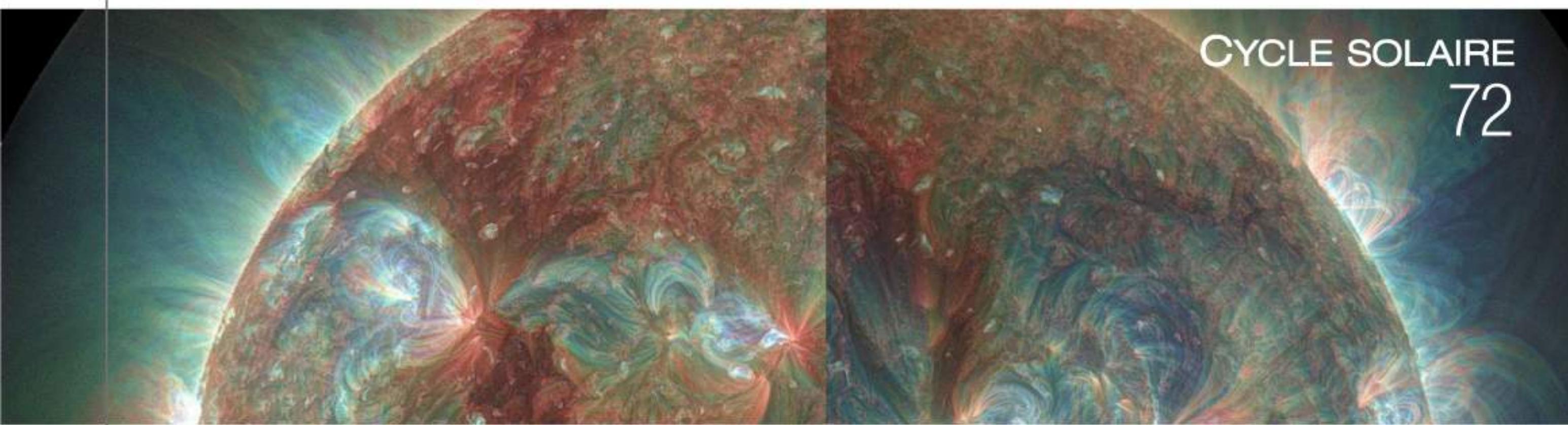
Constante cosmologique, quintessence, énergie fantôme. Big chill, big crunch, big rip... La valeur de la constante de Hubble mesurée par le télescope *Planck* favorise le premier. Celle mesurée par Adam Riess et par Sherry Suyu, Frédéric Courbin et Vivien Bonvin favorise le troisième.

Et le destin de l'Univers reste suspendu. M.F.



A lire : les deux publications qui remettent en cause l'ampleur de l'expansion ; les principaux articles consacrés au sujet par *S&V* depuis vingt ans.

& Science découvertes



Le cycle solaire enfin élucidé

Le Soleil pourrait-il basculer dans une activité destructrice ? La question inquiétait les scientifiques depuis les années 1990. Mais **Román Ikonikoff** nous rassure : des simulations d'étoiles en 3D écartent la menace.

Finalement, le Soleil serait une étoile de type solaire comme les autres. Dit comme ça, cela sonne bizarrement – comment imaginer que le Soleil puisse ne pas être une étoile de type solaire ? Et pourtant, il aura fallu plus d'une dizaine d'années pour le prouver, ainsi que toute la puissance d'un supercalculateur à plus de 1 000 microprocesseurs

travaillant en parallèle pendant des mois.

“C'est un tour de force, commente, enthousiaste, Guillaume Aulanier, physicien solaire à l'Observatoire de Paris. Si le résultat se confirme, c'est un très grand pas pour l'astrophysique stellaire, et la fin d'un questionnement plus particulier qui monopolisait les colloques de spécialistes, à savoir : le Soleil est-il un cas à part ?”

Et la réponse est non ! Comme le montre une nouvelle série de simulations, peut-être les plus complexes jamais réalisées sur le fonctionnement interne des étoiles, publiées mi-juillet. Elles ont été conçues par une équipe de chercheurs français, canadiens et brésiliens parmi lesquels figurent les grosses pointures de la simulation 3D

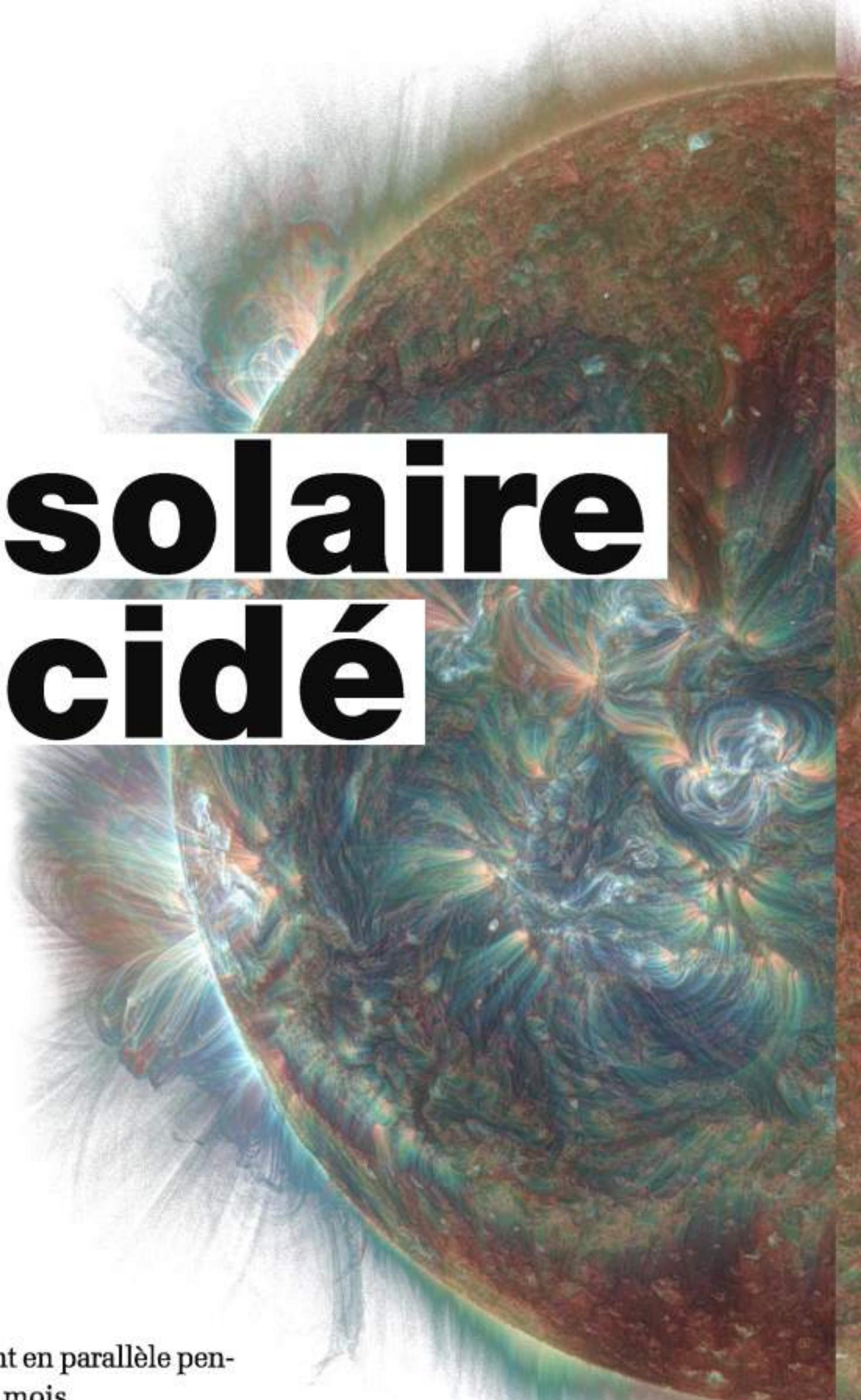
des étoiles, comme Paul Charbonneau, de l'université de Montréal, ou Allan Sacha Brun, du CEA.

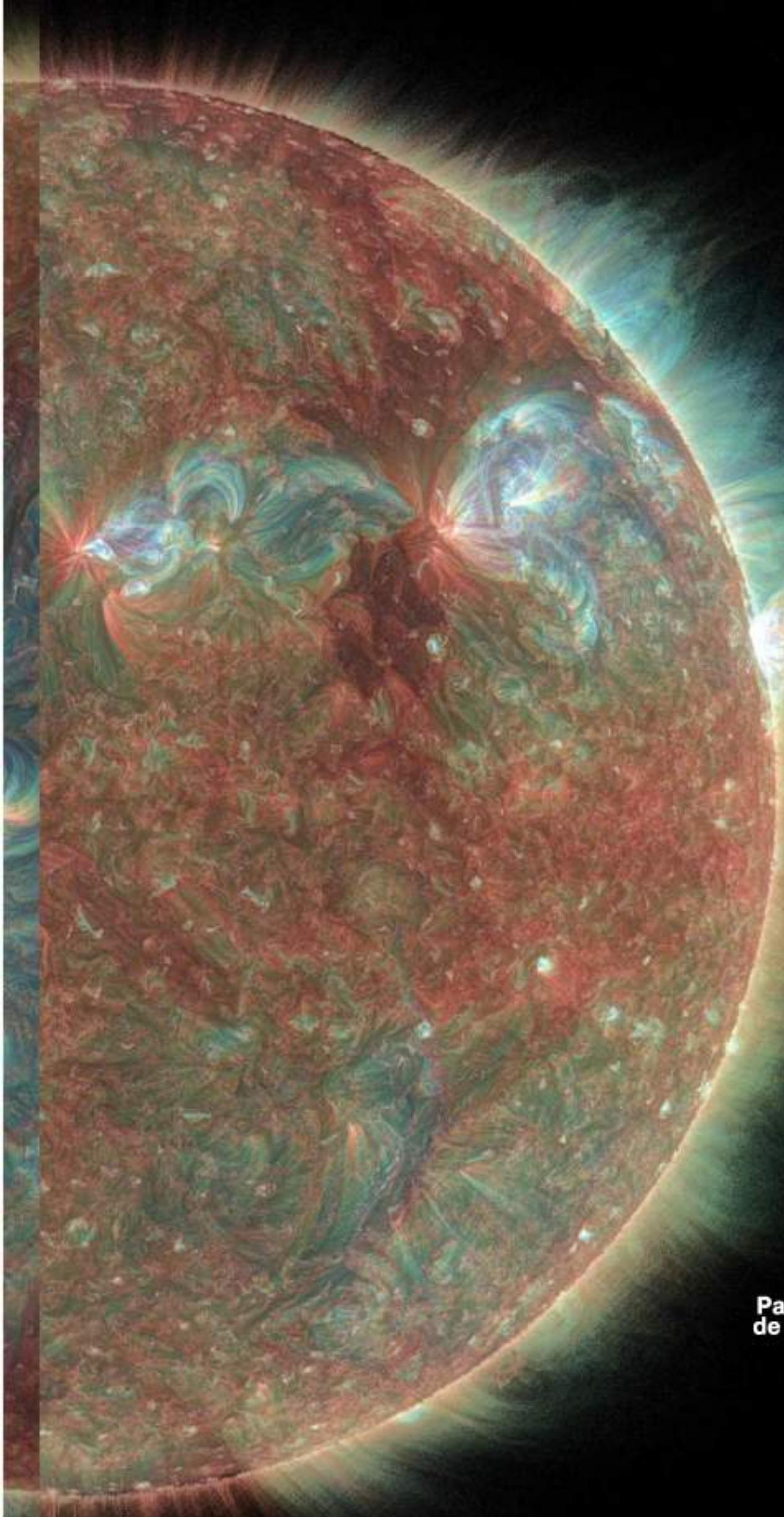
En redonnant au Soleil sa juste place dans la cohorte de ses semblables, ce travail provoque un grand soupir de soulagement des membres de la “communauté solaire” qui, de l'aveu même de Guillaume Aulanier, se sentaient “complètement perdus”.

C'est que, jusqu'ici, “le Soleil apparaissait comme un paria”, résume Allan Sacha Brun : son cycle d'activité de onze ans, qui le fait passer d'un état plutôt tranquille à une furie d'éruptions agrémentées

Contexte

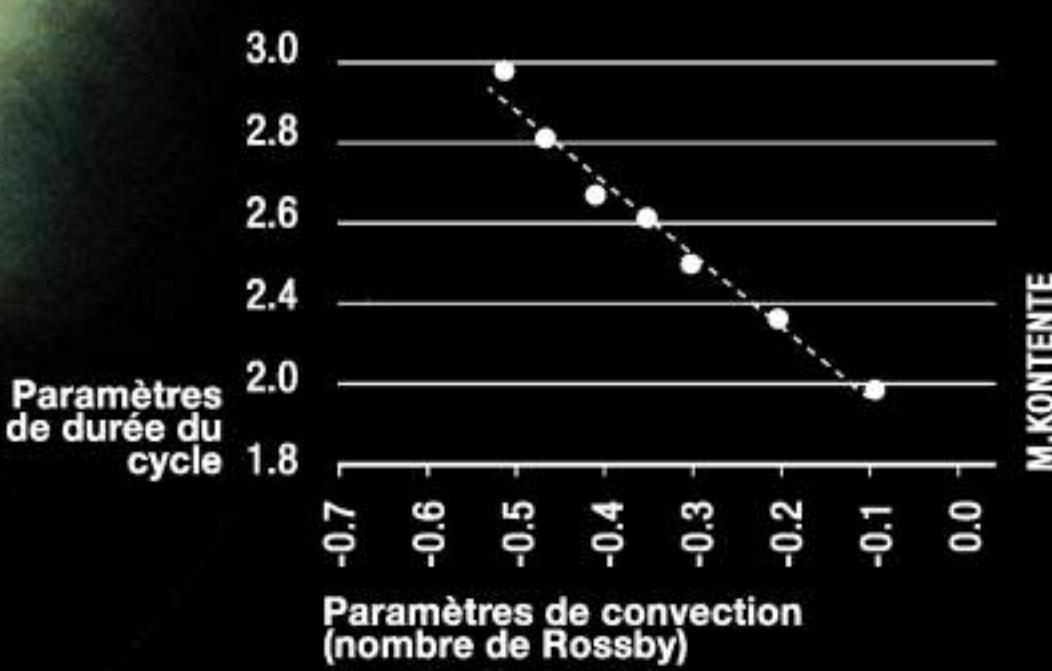
Le Soleil est une étoile de type G, ou “naine jaune”, très répandue dans la Galaxie. La dynamique interne des naines jaunes crée un champ magnétique s'inversant cycliquement, tous les onze ans en moyenne pour le Soleil, ce qui provoque de violentes éruptions. Une dynamique qui n'est encore que partiellement connue.



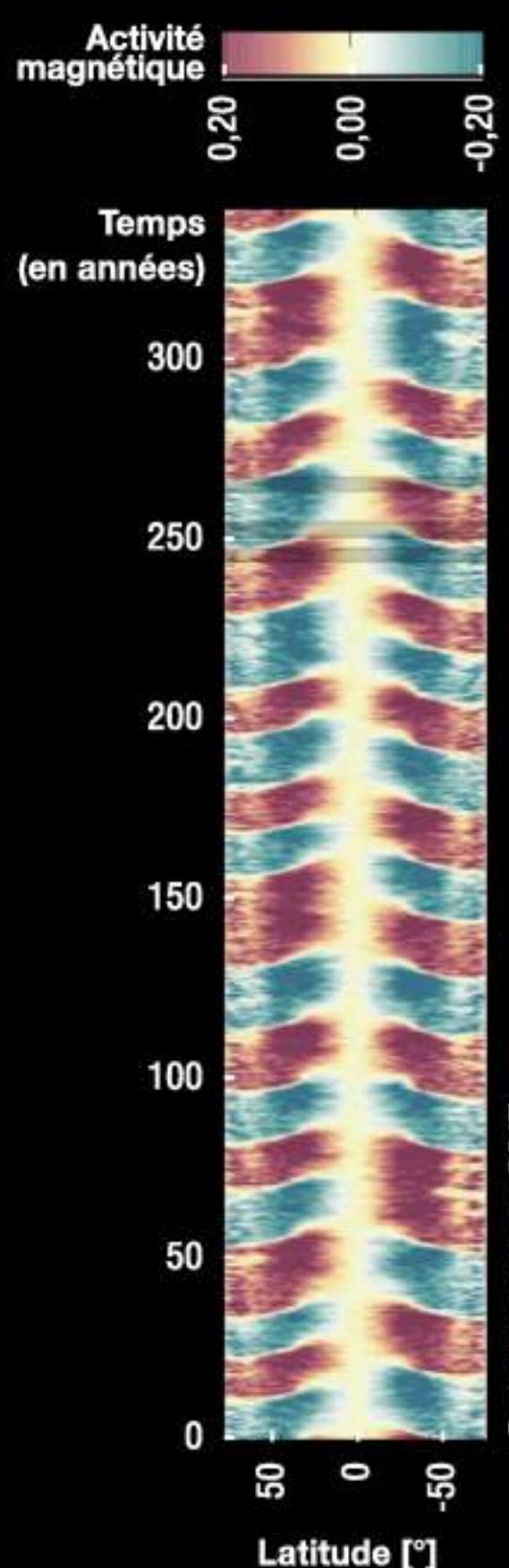


Le Soleil rentre dans le rang des étoiles de type G

Les chercheurs ont étudié, grâce à la simulation 3D, l'évolution, durant trois à dix siècles, d'étoiles de type solaire, dont le Soleil. Ils ont vu apparaître une alternance de bandes rouges et bleues (ci-contre) qui témoigne de l'inversion cyclique de leur champ magnétique. Et observé une corrélation directe entre la durée du cycle et l'intensité de la convection interne, mesurée par le nombre de Rossby (ci-dessous). Constatant ainsi que le Soleil est bien une étoile comme les autres.



La nouvelle loi universelle des cycles stellaires



Simulation des cycles du champ magnétique d'une étoile de type G

SOURCE : SCIENCE 2017

de taches en surface, ne semblait pas cadrer avec celui des étoiles ayant une structure, une masse et une luminosité semblables (étoiles que les spécialistes appellent "de type G").

DE FÂCHEUSES TEMPÈTES...

Ce n'était pas le cycle lui-même qui posait problème, mais le rapport entre sa durée et la vitesse de rotation de l'astre. Car depuis les années 1990, les astronomes supposaient que la vitesse de rotation était le seul paramètre responsable du cycle. Une hypothèse logique, car

l'activité d'une étoile est provoquée par le cycle de son champ magnétique dont le moteur est sa rotation : cette rotation ne se faisant pas à la même vitesse entre les couches profondes et les couches superficielles (lesquelles ne tournent pas toutes non plus à la même vitesse), elle engendre un champ magnétique par le célèbre effet dynamo.

Cycle d'activité et vitesse de rotation : lors de leurs observations des étoiles, les chercheurs se focalisaient donc exclusivement sur ces deux paramètres. Sauf qu'en

plaçant les étoiles dans un diagramme, en fonction de la durée de leur cycle (axe vertical) et de leur période de rotation (axe horizontal), ils voyaient alors apparaître sur le papier deux "branches", la branche supérieure, avec des étoiles très actives, et la branche inférieure, avec des étoiles plutôt inactives. Et le Soleil, lui, se nichait exactement au milieu, dans un *no man's land* entre les deux populations.

S'en sont suivies des années de débats internationaux pour essayer d'assimiler cette étrangeté, avec la lancinante et

→ inquiétante question de savoir si le Soleil n'était justement pas en train de migrer de la branche des étoiles inactives vers la branche des étoiles très actives – ce qui promettait de très fâcheuses tempêtes solaires dans un avenir plus ou moins lointain (voir encadré). Eh bien les résultats de ces nouvelles simulations rassurent tout le monde ! Non, le Soleil n'est pas un cas à part.

ab initio ou autocohérentes, évoluant à l'écran sur plusieurs centaines d'années, qui leur ont appris bien des choses. Les résultats ont été comparés aux données d'étoiles connues, dont le Soleil. Et ils ont alors observé que le cycle de ces étoiles dépendait non pas de leur rotation mais de leur luminosité, c'est-à-dire de l'énergie produite au cœur de l'astre par fusion nucléaire, une éner-

traverse les différentes couches de bas en haut et de haut en bas, représenté par un nombre abscons propre aux géophysiciens : le nombre de Rossby. “Dès lors, poursuivent les deux chercheurs, nous avons reclassé les étoiles dans un diagramme prenant en compte l'effet combiné de la rotation et de la luminosité, et constaté qu'il n'y a pas deux mais une seule branche, et que le Soleil s'y intègre naturellement.”

Ce n'est plus le climat du Soleil qui inquiète, mais sa météo...

“Avec cette simulation, le risque de voir augmenter l'éruptivité du Soleil semble s'envoler.” Les propos de Guillaume Aulanier, de l'Observatoire de Paris, sont rassurants pour l'avenir lointain de l'humanité : si la simulation est validée, pas de fuite du Soleil vers une hyperactivité destructrice. Du moins à long terme, car la simulation ne dit rien du court terme. “On est dans la ‘climatologie’ du Soleil, non dans sa ‘météorologie’”, précise Allan Sacha Brun, du CEA. Dommage, car c'est surtout la météo solaire qui inquiète : à chaque cycle, l'astre déverse son comptant de particules et de rayonnements violents sur notre peau, nos appareils, les réseaux électriques et les satellites. Devenue une priorité mondiale sous l'impulsion de Barack Obama, ce nouveau domaine est également en pleine révolution, à la recherche d'une simulation du Soleil non pas d'ordre climatique, mais météorologique, afin de mieux prédire ses soubresauts quotidiens.

“Nous avons construit nos simulations avec le moins de présupposés possibles, explique Antoine Strugarek, chercheur au CEA et premier signataire de l'article. Nous avons pris en compte la structure interne de ces étoiles, les processus physiques à la base de leur luminosité et aussi de leur rotation, en basant notre approche sur des équations fondamentales de la dynamique des plasmas : la magnétohydrodynamique.” Une série de simulations, dites

gie qui s'échappe vers l'extérieur en provoquant des mouvements de convection de ses couches supérieures. “Cela n'avait jamais été mis en évidence expérimentalement”, souligne Allan Sacha Brun.

En résumé, il ressort de ces simulations que, si c'est bien la rotation qui génère le champ magnétique, le mécanisme qui détermine la durée de son cycle est la convection de la matière solaire – c'est-à-dire un mouvement bien différent, qui

L'ESPOIR EST DE MISE

Certes, il est prématué de crier victoire. Notamment parce que, par manque de ressources de calcul, les chercheurs n'ont simulé que la “coquille” des étoiles (appelée la zone convective), sans le cœur (zone radiative). Or il est généralement admis que l'effet dynamo se produit à l'interface entre ces deux zones. Comme le signale Guillaume Aulanier, “que l'effet dynamo soit produit dans la zone convective, c'est un point qui prête à débat et qu'il va falloir régler”. Et le chercheur prévient : “Ça va prendre du temps de vérifier tout cela et d'augmenter le nombre d'étoiles simulées, car il y a très peu d'équipes capables aujourd'hui de faire de telles simulations”. Mais l'espoir est de mise pour, enfin, faire rentrer le Soleil dans le rang. Patience donc, il brillera encore le temps nécessaire, et dans un climat désormais moins menaçant...



A voir : 
la simulation du champ magnétique autour du Soleil.
EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com

50 °C

C'est la vraie température au cœur de nos cellules

Des chercheurs français ont relevé dans des cellules une chaleur très supérieure aux 37 °C de notre corps. Une découverte déroutante que nous décrypte **Alexandra Pihen**.

Une histoire de température affole tous les compteurs de la vie humaine. Au cœur de nos cellules, là où se déroulent les réactions biochimiques essentielles à la bonne marche de notre organisme, règne une chaleur a priori invivable: 50 °C!

Or, nous le savons tous, le corps humain fonctionne en temps normal à 37 °C et quelques. Et comme notre espèce est homéotherme, cette température corporelle doit rester le plus stable possible. Pour être compatible avec la vie humaine, elle doit d'ailleurs se situer dans une fourchette assez étroite: au-dessus de 35 °C et en deçà de 40 °C. L'évolution a même doté notre corps d'une multitude de moyens – sudation, tissus

adipeux brun... – qui lui permettent de maintenir au mieux ces 37 °C. Car passé ce seuil, les principaux mécanismes biochimiques se dénaturent ou deviennent inactifs.

CENTRALES ÉNERGÉTIQUES

La mesure réalisée par l'équipe de Pierre Rustin, bio-énergéticien à l'hôpital Robert-Debré (Inserm), a de quoi laisser perplexe. Sa découverte repose sur l'analyse de l'activité des mitochondries. Ces petites "centrales énergétiques" qui flottent dans le liquide cellulaire ont pour rôle de fournir l'énergie indispensable au cycle des cellules. Et à plein régime, elles turbineraient donc 10 °C au-dessus du maximum normalement toléré.

Depuis son annonce, ce paradoxe thermodynamique agite

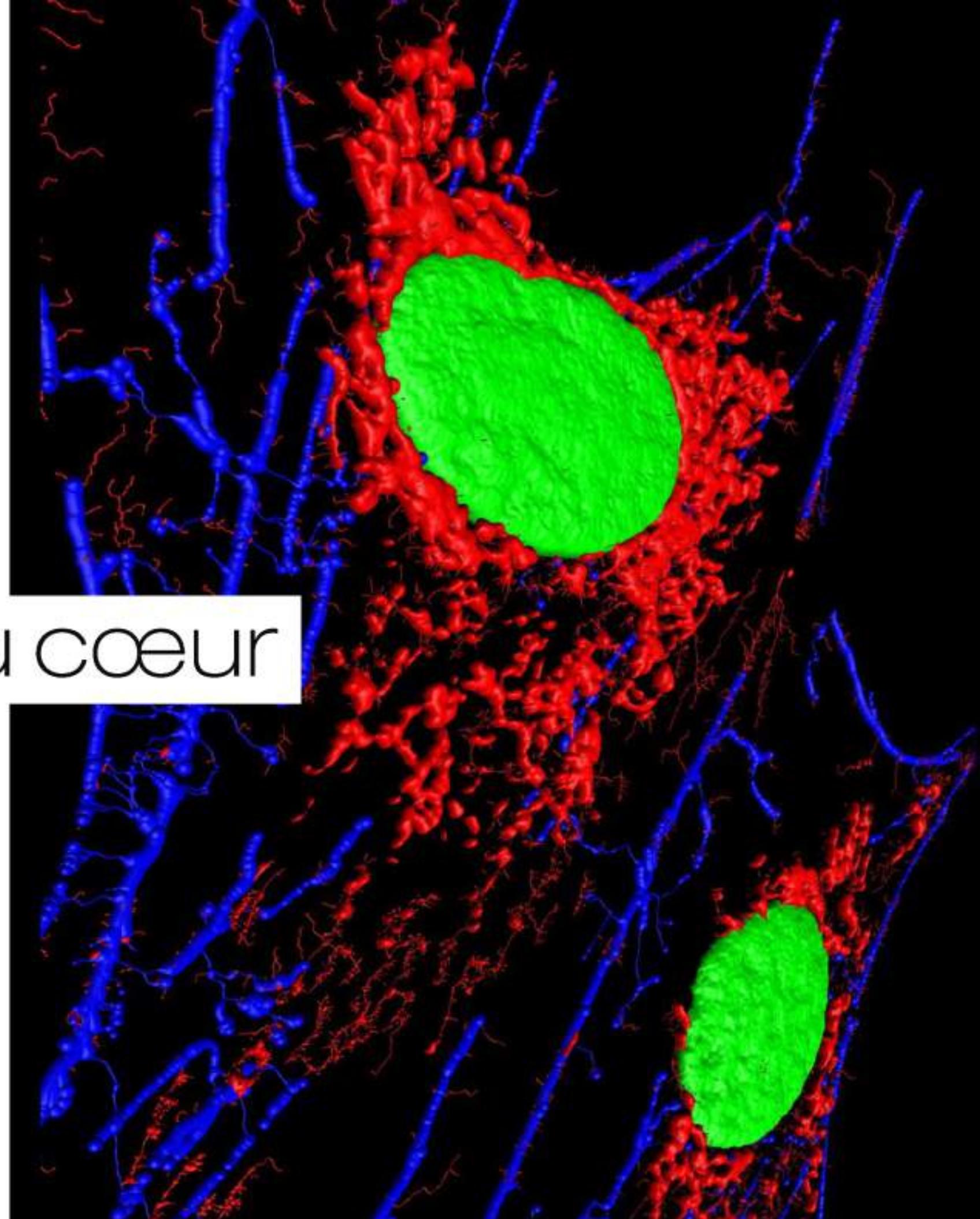
et divise la communauté des biologistes cellulaires. Avec ce nouveau seuil thermique, il faut s'attendre à une relecture complète de nombreux mécanismes moléculaires. "C'est l'ensemble des expériences sur la respiration qui sont à revoir car nous les avons toutes effectuées *in vitro* en conservant une température de 37 °C. Beaucoup de phénomènes et de paramètres observés pourraient donc être faux", souligne Benoît Kornmann, directeur de laboratoire à l'Institut

▲ SURCHAUFFE DANS LES MITOCHONDRIES
Au sein des cellules, ces petites "centrales énergétiques" (en rouge) turbineraient à une température a priori incompatible avec la vie humaine.



Repères

Les humains sont homéothermes et endothermes : leur température corporelle est stable et s'autorégule (transpiration, réactions d'oxydation cellulaire...). Les 37 °C constituent un bon compromis qui rend possible le fonctionnement cellulaire ; à 50 °C, tous les équilibres sont-ils en péril ?



→ de biochimie de l'université de Zurich (Suisse). "Surprenant... perturbant! L'incrédulité prime à la lecture de ce résultat", admet Yan Burelle, spécialiste de biologie intégrative mitochondriale à l'université d'Ottawa (Canada).

Pourtant, l'équipe réunie autour de Pierre Rustin, Dominique Chretien, Paule Bénit et Malgorzata Rak, qui a travaillé en association avec plusieurs laboratoires étrangers (finlandais, allemand, singapourien...), s'est basée sur des expériences minutieuses et reproductibles. Sachant que leur démonstration ne repose pas sur un thermomètre classique. Aussi petit soit-il, celui-ci serait incapable d'explorer ces entités microscopiques. C'est une petite molécule fluorescente appelée "mito-thermo-yellow" et synthétisée en 2015 qui a rempli ce rôle.

CHAUDIÈRE ORGANIQUE

Ce micro-thermomètre fluorescent a en effet la particularité de se fixer dans l'espace de production d'énergie de la mitochondrie et de réagir à la chaleur en perdant graduellement et de façon réversible sa fluorescence. Ainsi, en mesurant l'intensité de celle-ci, on peut estimer la température.

Comment interpréter alors ce résultat pour le moins inattendu? "La première surprise passée, on pourra peut-être trouver une justification, estime Yan Burelle. A l'image des chaudières, les mitochondries sont chaudes et les cellules dispersent la chaleur dans l'organisme. C'est un équilibre thermodynamique."

Mais cette découverte fait bouillir le sang des biophysiciens, qui ont refait leur calcul.

ÇA CHANGE QUOI?

Si les mitochondries fonctionnent à 50 °C, les biologistes, qui ont toujours mené leurs études *in vitro* à 37 °C, devront revoir leur copie.

LES RÉACTIONS CHIMIQUES IRAIENT TROIS FOIS PLUS VITE

La vitesse de réaction des enzymes est censée augmenter avec la température. Certaines réactions biochimiques (respiratoires) iraient trois fois plus vite aux alentours de 50 °C. D'autres, impossibles à 37 °C, se dérouleraient en fait dans la chaleur des mitochondries.

"Nous avons environ 10^{13} cellules dans notre corps, chacune contenant des dizaines de mitochondries. Cela correspondrait à une puissance totale de 10^{10} watts, soit à peu près la puissance de 10 centrales nucléaires", soutient Richard Neher, spécialiste de la biologie du développement à l'Institut Max-Planck de Munich (Allemagne). Lequel s'interroge aussi sur la possibilité d'un tel gradient thermique, avec une perte de 10 °C à l'échelle d'une cellule d'une dizaine de micromètres. "Une différence de température intracellulaire massive est très difficile à imaginer."

Pierre Rustin attend la publication définitive de ces résultats pour entrer dans le débat.

Une découverte qui fait bouillir le sang des biophysiciens

Mais pour ses confrères bioénergéticiens, les calculs des biophysiciens délaissent beaucoup trop de paramètres biologiques. Comme le fait que l'intérieur des mitochondries soit isolé du reste de la cellule par trois membranes, dont la



conductivité thermique demeure par ailleurs inconnue. De plus, qui dit que toutes les mitochondries travaillent à plein régime en même temps?

"La sonde fluorescente est réellement sensible à la température. Il n'y a pas de doute là-dessus, confirme Yan Burelle. La question se situe peut-être au niveau de l'endroit spécifique où la température est prise. Peut-être que la sonde mesure une température ultra-localisée?" C'est en effet une alternative admise par l'équipe de Pierre Rustin: la mitochondrie pourrait ne pas être à une température globale de 50 °C, mais parsemée de "points chauds".

LA RÉSISTANCE EN CAUSE

Mais alors quid des activités enzymatiques dénaturées au-delà de 40 °C? Sur ce point aussi, les résultats défraient la chronique. Car les chercheurs ont pu mesurer une vitesse de



L'ACTIVITÉ DES CELLULES SERAIT PLUS EFFICACE
On sait déjà que toutes les mitochondries d'une cellule se réunissent parfois à un endroit précis, par exemple autour du noyau ou au bout d'une synapse dans les neurones. Ce mouvement augmenterait localement la température et accélérerait certaines réactions chimiques.

LES MEMBRANES SERAIENT PLUS PERMÉABLES

Une température élevée entraînerait un changement d'état des lipides qui composent les membranes. Les mitochondries seraient donc plus perméables. De plus, les protéines assurant le transport des substances à travers ces membranes seraient plus actives, et le trafic transmembranaire plus intense.

réaction des enzymes trois fois plus rapide à 50 °C qu'à 37 °C. L'augmentation de température conduirait également à un changement global de l'état des membranes constituées de lipides, un peu à l'image d'une brique de beurre dure devenant molle. Une température de 50 °C augmenterait par ailleurs la vitesse de transport de substances spécifiques.

D'autres arguments plaident pour l'activation des principaux mécanismes intracellulaires en dépit de ces températures inhumaines. Comme la présence de "protéines de choc thermique", connues pour être produites en cas de chaleur, et permettant d'éviter des interactions indésirables entre protéines. Des sortes de super

isolants ! "La plupart des composants cellulaires supportent des températures de 48 °C, en particulier en présence de ces protéines, très abondantes dans les mitochondries et le cytosol, confirme Ulrich Schibler, professeur émérite au département de biologie moléculaire de l'université de Genève. Certains organismes, comme les archées extrémophiles, prospèrent même à des températures proches du point d'ébullition de l'eau. Les gradients de température sont maintenus passivement, car la chaleur se dissipe dans toutes les directions à partir de la source d'émission."

Autre piste soulevée par les chercheurs : les différentes mitochondries d'une cellule se

réuniraient à un endroit précis, par exemple autour du noyau ou au bout d'une synapse, pour chauffer la cellule localement et permettre certaines réactions telle une réPLICATION accélérée de l'ADN ou la modification de la perméabilité d'une synapse facilitant le passage de neurotransmetteurs.

Ces résultats pourraient aussi changer la donne au niveau de l'interprétation et de la compréhension de certaines maladies. Des mitochondries qui "ne chauffent pas assez" expliqueraient par exemple une diminution des réactions mitochondrielles participant aux maladies telles les myopathies ou les encéphalopathies.

Ce n'est que le début des explorations. Et même s'il n'y a aucun doute, notre corps continue bien d'afficher vailleusement 37 °C, les mitochondries, elles, conservent encore une bonne part de leur brûlant secret.

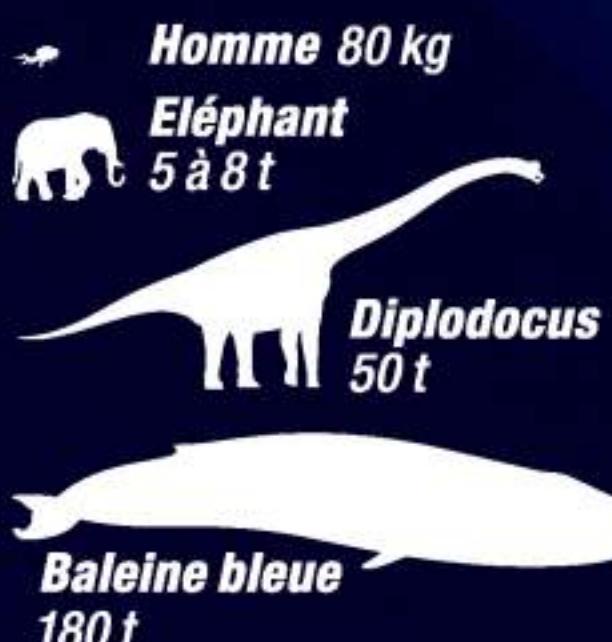


A voir : le site du laboratoire de Pierre Rustin. A lire : les commentaires des scientifiques sur cette découverte.



**CHAMPIONNE ABSOLUE
DE TOUS LES TEMPS**

La baleine bleue l'emporte en taille sur les autres baleines de la même famille (ci-contre, la baleine à bosse, 14 m pour 25 t), mais aussi sur le plus gros animal vivant à la surface de la Terre, l'éléphant d'Afrique, et même sur les plus gros des dinosaures, apparentés au célèbre diplodocus.



0 5 10 15 20 25 30
Taille en mètres

Baleines

Voici pourquoi elles sont devenues géantes

La taille record des baleines à fanons serait un phénomène récent, déclenché par des bouleversements environnementaux. Et les arguments de cette thèse sont solides, a constaté **Simon Devos**.

Nous vivons au temps des géants.” Graham Slater en a encore le vertige. Ce biologiste spécialiste de l'évolution à l'université de Chicago (Etats-Unis) a reconstitué l'histoire évolutive des mysticètes – sous-ordre des cétacés qui englobe toutes les baleines à fanons, dont la fameuse baleine bleue, le plus gros animal ayant jamais existé sur Terre. Et il reste surpris de ce qu'il a découvert: “Le gigantisme de cette clade, sans équivalent dans n'importe quelle autre période de l'histoire géologique, est un phénomène étonnamment récent.”

Avec l'aide de deux collègues paléobiologistes, ce

R.FRISCIONE/GETTY

chercheur a collecté et comparé 63 crânes de fossiles appartenant à différentes espèces éteintes de mysticètes, ainsi que 13 représentants d'espèces toujours existantes. Ce qui lui a permis, dans un premier temps, d'établir un arbre phylogénétique pour les mysticètes – le plus complet jamais réalisé – et de visualiser l'évolution au fil du temps de la taille de chaque famille qui compose ce sous-ordre.

UN BRUSQUE EMBONPOINT

“Notre étude a permis de montrer une bonne fois pour toutes que les baleines à fanons n'ont pas toujours été géantes, assure Slater. En effet, les premiers mysticètes connus, qui

vivaient il y a environ 36 millions d'années, ne dépassaient pas les 10 m de longueur.”

Les baleines à fanons n'auraient commencé à prendre un tel embonpoint qu'il y a 3 à 4 millions d'années. Cet accroissement de la taille ne concerne pas uniquement la famille des rorquals, qui contient dans ses rangs la baleine bleue, rappelle Olivier Lambert, paléontologue à l'Institut royal des sciences naturelles de Belgique: “Du rorqual commun à la baleine franche australe en passant par l'emblématique baleine à bosse : tous les représentants de plusieurs lignées du sous-ordre des mysticètes sont véritablement devenus géants à la même période.”

Que s'est-il donc passé pour que la plupart des membres d'un sous-groupe se mettent à grossir simultanément, qui plus est jusqu'à atteindre les dimensions démesurées qu'on leur connaît aujourd'hui ?

Plusieurs hypothèses avaient été avancées par le passé pour



→ expliquer ce gigantisme. Certains soulignaient le rôle joué par les changements de température des océans. Des chercheurs français ont par exemple montré, en avril dernier, que la masse corporelle des oiseaux et des mammifères a tendance à augmenter lors de périodes plus froides.

DISPERSION DES NUTRIMENTS

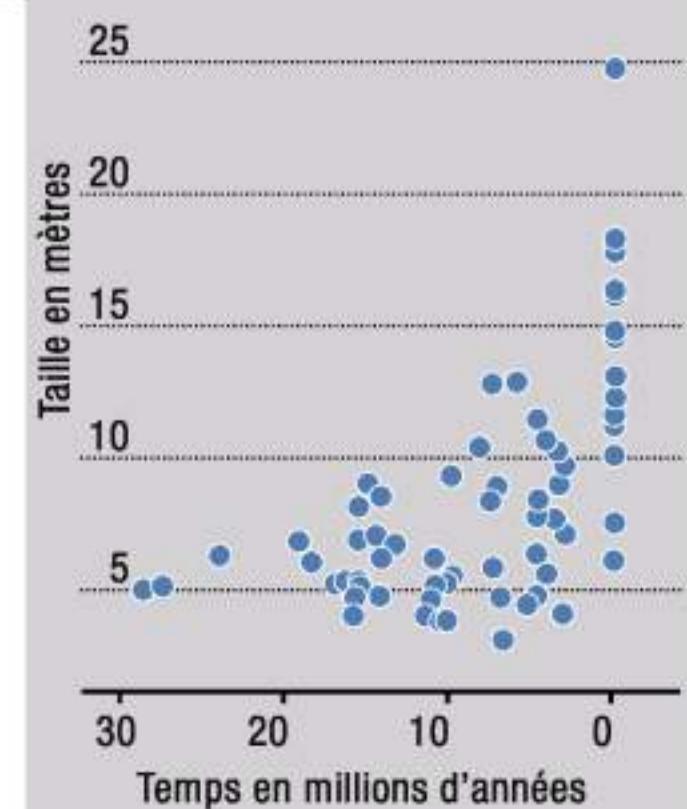
Pour d'autres chercheurs, comme Olivier Lambert, le développement des baleines à fanons pouvait correspondre à l'apparition de gros prédateurs dans les océans, en particulier le cachalot léviathan (*Livyatan melvillei*), une espèce de probablement plus de 14 m de longueur aujourd'hui éteinte, qui vivait il y a environ 9 millions d'années. Croître leur aurait permis littéralement de faire le poids face à ces grands prédateurs – un argument invoqué aussi pour expliquer la grande taille de certains groupes de dinosaures comme les sauro-podes (diplodocus, brachiosaure...), afin de faire face à des prédateurs aussi redoutables que l'allosaure.

Mais ces deux hypothèses ne collent pas avec les résultats de Graham Slater: "Nos modèles phylogénétiques ont montré que dans le cas des mysticètes, la période à laquelle la taille a commencé à augmenter n'était pas directement associée à un changement brutal de température moyenne des océans. De plus, l'hypothèse des prédateurs ne correspondait pas non plus, puisque la plupart avaient déjà quasiment disparu il y a 4 millions d'années."

Les biologistes avancent aujourd'hui une explication plus solide, liée à deux chan-



Augmentation de la taille des fossiles



Jargon

Les mysticètes sont caractérisés par la possession de fanons, alors que les **odontocètes** (cachalots, dauphins, orques) ont des dents. Ce sous-ordre des céto-cés compte deux familles : les **rorquals** (baleine bleue, à bosse) et les **baleines franches**, que l'on trouve dans les eaux froides, et deux espèces isolées : la baleine grise et la baleine pygmée.

gements environnementaux majeurs. Le premier est l'avènement d'une ère glaciaire il y a environ 4,5 millions d'années. Or, comme l'expliquent les chercheurs, les glaciers qui se forment sur les terres émergées emprisonnent avec eux une grande quantité de nutriments, qui sont relâchés dans les océans du globe au moment de la fonte, ce qui entraîne un formidable développement de micro-organismes comme les zooplanctons ou krills. Une sorte de buffet à volonté pour les baleines à fanons, qui se nourrissent exclusivement de ces organismes.

En parallèle, Gabriel Filippelli, professeur de sciences de la Terre à l'université de l'Indiana (Etats-Unis), rappelle : "Nous savons qu'il y a eu un grand bouleversement

dans les océans entre la fin du Pliocène et le Pléistocène, causé par des facteurs géologiques. En particulier, la formation de l'isthme du Panama, qui sépare les océans Atlantique et Pacifique, a modifié en profondeur la circulation océanique. Les échanges de nutriments qui se faisaient autrefois facilement au niveau de l'équateur, au sein d'un unique océan, sont désormais

Les mysticètes ont connu une rupture de croissance

Une étude comparative menée à la Smithsonian Institution entre les crânes les plus anciens de baleines à fanons (ci-dessous) et les plus récents (à gauche) atteste un bond dans leur taille il y a 3 millions d'années. Celle-ci serait alors passée du simple au double.



beaucoup plus compliqués et lents : pour passer de l'Atlantique Nord au Pacifique Nord, le seul moyen est de contourner le cap Horn !

Ce changement de circulation a dissipé les nutriments dont raffolent les micro-organismes océaniques. Auparavant répartis de façon à peu près homogène, ils se sont retrouvés en grande concentration à certains endroits des océans. Conséquence : les micro-organismes se sont développés dans d'énormes poches très denses et éloignées les unes des autres. *“Les mysticètes se sont adaptés à ce bouleversement de leur environnement en accroissant leur taille”*, révèle Graham Slater.

En grossissant, les baleines à fanons ont acquis la capacité à stocker beaucoup plus d'énergie qu'auparavant.

L'OBLIGATION DE VOYAGER

“Cela leur a ouvert la voie à des voyages de plusieurs milliers de kilomètres pour trouver une nouvelle source de nourriture, puis à des migrations entre une zone froide, où elles se nourrissent, à une zone chaude, où elles se reproduisent.”

Le gigantisme serait donc une simple réponse évolutive à ce changement environnemental : l'augmentation de la masse des baleines facilite les longs voyages nécessaires pour trouver un nouveau banc de planctons et de krills.

Géants... jusqu'à quel point ?

Existe-t-il une taille au-delà de laquelle la survie d'un animal est compromise ? *“Non, répond Jordan Okie, biologiste à l'université de l'Arizona (Etats-Unis) et spécialiste des liens entre la taille des animaux et leur mode de vie. Il ne semble pas y avoir de règle précise qui limiterait la taille des animaux.”* Il est certes plus facile de développer un corps grand et lourd dans l'eau qu'à la surface, les contraintes mécaniques exercées sur le corps étant moins élevées au sein des océans. *“Mais, en principe, rien n'interdit aux baleines de doubler en masse, si ce n'est qu'un tel changement risquerait de fragiliser leur population”*, explique le chercheur, qui rappelle que la densité d'une population animale est inversement proportionnelle à la taille des individus. Une croissance excessive réduirait donc le nombre de représentants d'une espèce, qui aurait plus de mal à se remettre d'une catastrophe naturelle.

“Cette nouvelle étude nous donne un scénario tangible de l'évolution de la taille des baleines à fanons, commente Olivier Lambert. Celui-ci reste toutefois à préciser dans l'avenir : nous avons en effet retrouvé très peu de fossiles de mysticètes dans la période allant de la fin du Pliocène au Pléistocène, justement celle proposée pour cette augmentation de taille.”

Restera surtout à savoir comment les bouleversements climatiques qui sévissent sur la planète, et en particulier dans les océans, impacteront ces colosses des mers, sachant que planctons et krills ont tendance à se développer dans des eaux assez fraîches.

Unique dans la longue histoire de la vie, le “temps des géants” pourrait ne pas durer...



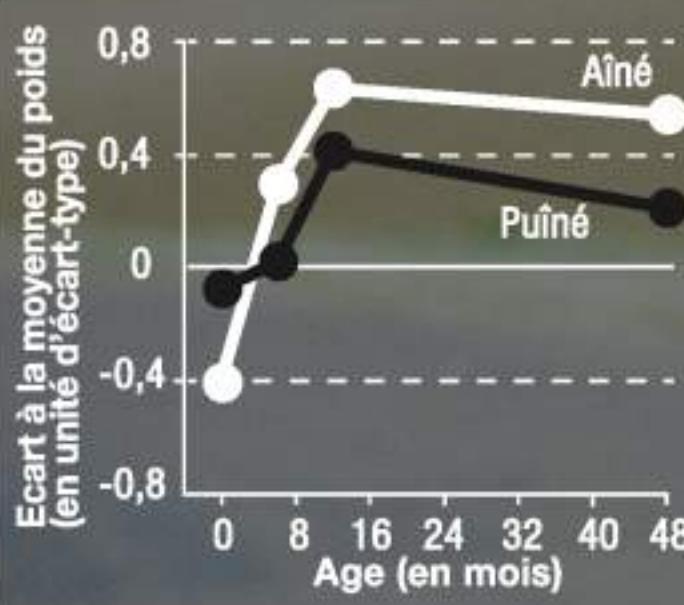
A lire :
la publication
des cher-
cheurs.
**EN
SAVOIR
PLUS**

57 %

des enfants sont des premiers-nés. Selon l'Insee (2011), plus de 4 millions de Français de moins de 18 ans sont les aînés d'une famille de 2 enfants et plus, quelque 6 millions sont des cadets et près de 3,5 millions sont des enfants uniques.

SOURCE: AMERICAN JOURNAL OF EPIDEMIOLOGY, 2011

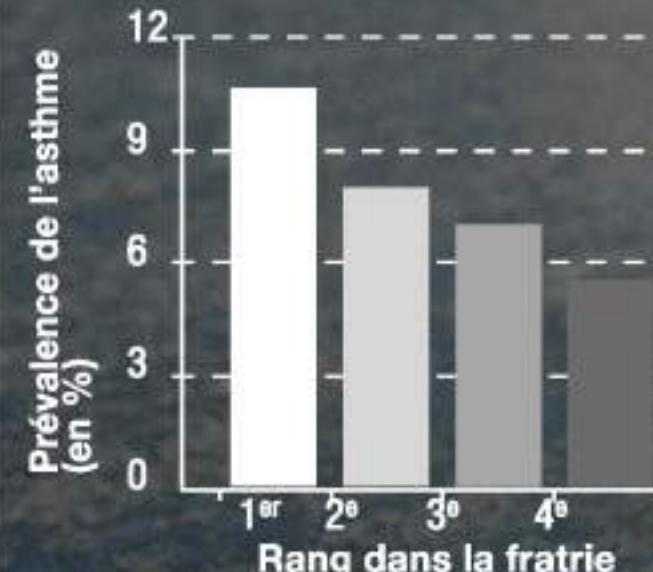
UNE CROISSANCE ACCÉLÉRÉE



Par comparaison avec son puîné, le premier-né pèse moins à la naissance mais il va très vite le dépasser.

SOURCE: AMERICAN JOURNAL OF EPIDEMIOLOGY, 2005

UNE IMMUNITÉ ALTÉRÉE



Les réactions du système immunitaire de l'aîné l'exposeraient plus à l'asthme et aux allergies.



Aînés

Ils sont biologiquement différents

La psychologie ou la sociologie repasseront ! Si les aînés sont uniques, c'est aussi par leur métabolisme et leur système immunitaire, révèle **Lola Parra Cravietto**.

Les aînés ont bien souvent une place à part dans les familles. Pas seulement parce qu'en tant que tout premier enfant, ils concentrent une attention particulière ou testent en exclusivité les règles éducatives de leurs parents. Pas uniquement parce qu'ils servent de modèle ou de contre-exemple à leurs frères et sœurs. Non, leur place à part n'est pas qu'une histoire de famille, c'est aussi une histoire de biologie. Au point que des parents qui s'évertuent à traiter tous leurs enfants de façon équitable, affrontent, sans le savoir, des phénomènes naturels profonds et différents, mis en œuvre dès le stade de la grossesse.

En effet, ces dernières années, les études pointent du

doigt une réalité jusqu'ici méconnue : chez la mère, le développement du premier fœtus déclenche des changements structurels au niveau de son utérus qui auraient des conséquences sur ce premier enfant et sur les suivants. Comparés à leurs puînés, les aînés présenteraient ainsi des différences marquées dans leur chair, dans leur système hormonal ainsi que dans leur système immunitaire.

Et même si les chercheurs ne les incluent pas dans leurs études, tout laisse penser que les enfants uniques connaissent, eux aussi, les mêmes particularités que ces aînés. Certains chercheurs expliquent d'ailleurs que ce qui les a poussés à tant s'intéresser aux aînés, c'est précisément

l'avènement de générations où les enfants uniques sont de plus en plus représentés.

Pour percer le mystère des spécificités que la nature réserve aux premiers-nés, les chercheurs se sont d'abord concentrés sur des mesures objectives, comme la taille ou le poids. Il leur est apparu depuis longtemps qu'à l'âge adulte, les aînés sont notablement plus grands que les suivants – un constat également valable pour d'autres mammifères. Mais en 2011, une enquête menée par l'University College de Londres et l'Université fédérale de Pelotas (Brésil) est allée plus loin. Les médecins ont suivi l'évolution de la taille et du poids de 453 enfants, dont 143 premiers-nés, en prenant en compte les biais potentiels liés à leur sexe, l'âge de leur mère à la naissance ou les différences de niveau socioculturel dans les familles. Et leurs conclusions sont surprenantes : les aînés ne suivent pas le même rythme que les suivants. Dans

→ leur étude, leur croissance est faite d'un soubresaut tout à fait particulier.

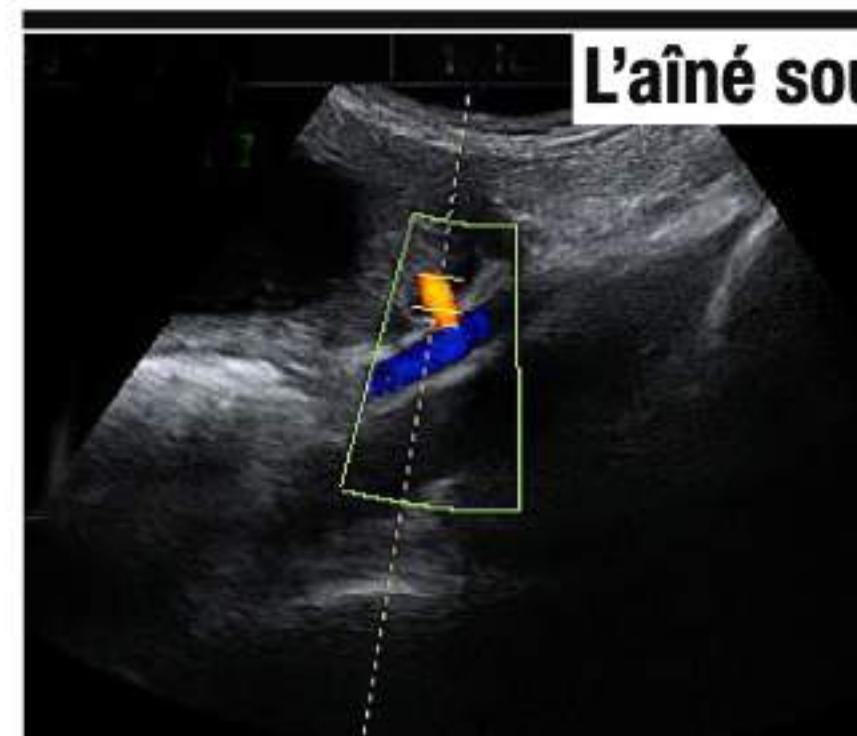
Tout commence pour eux par un léger désavantage: en moyenne, à la naissance, leur poids est de quelques centaines de grammes inférieur à celui de leurs futurs frères ou sœurs. Cependant, ce retard moyen est vite rattrapé.

PLUS GRAND QUE SON CADET

Dans les premiers mois, la première année au plus tard, les aînés reviennent au niveau de leur cadet; et vers l'âge de 4 ans, ils virent même en tête... Prenant alors l'avantage en taille pour ne plus le lâcher, jusqu'à l'adolescence. Dans l'étude anglo-brésilienne, les premiers garçons nés dépassent en moyenne leur cadet de 2,6 cm à l'âge de 13,5 ans. Si la différence est très significative entre le premier et le suivant, elle existe encore entre les cadets, mais tend à se réduire au fur et à mesure des naissances. Ainsi, lorsque l'on compare les enfants dans les familles de plus de deux

Dès la grossesse, des inégalités se révèlent

Ce sont les transformations que subit alors le corps maternel qui induiraient des particularités chez le premier-né. Elles sont d'ordres métabolique et immunitaire.



L'aîné souffre de pénurie...

A chaque grossesse, le flux de nutriments apporté au fœtus par les artères utérines (ci-contre, en écho-doppler) augmente. Le premier-né subirait *in utero* une forme de "pénurie" par rapport à ses futurs frères et sœurs. D'où un métabolisme différent.



enfants, le premier-né apparaît bien comme un cas à part!

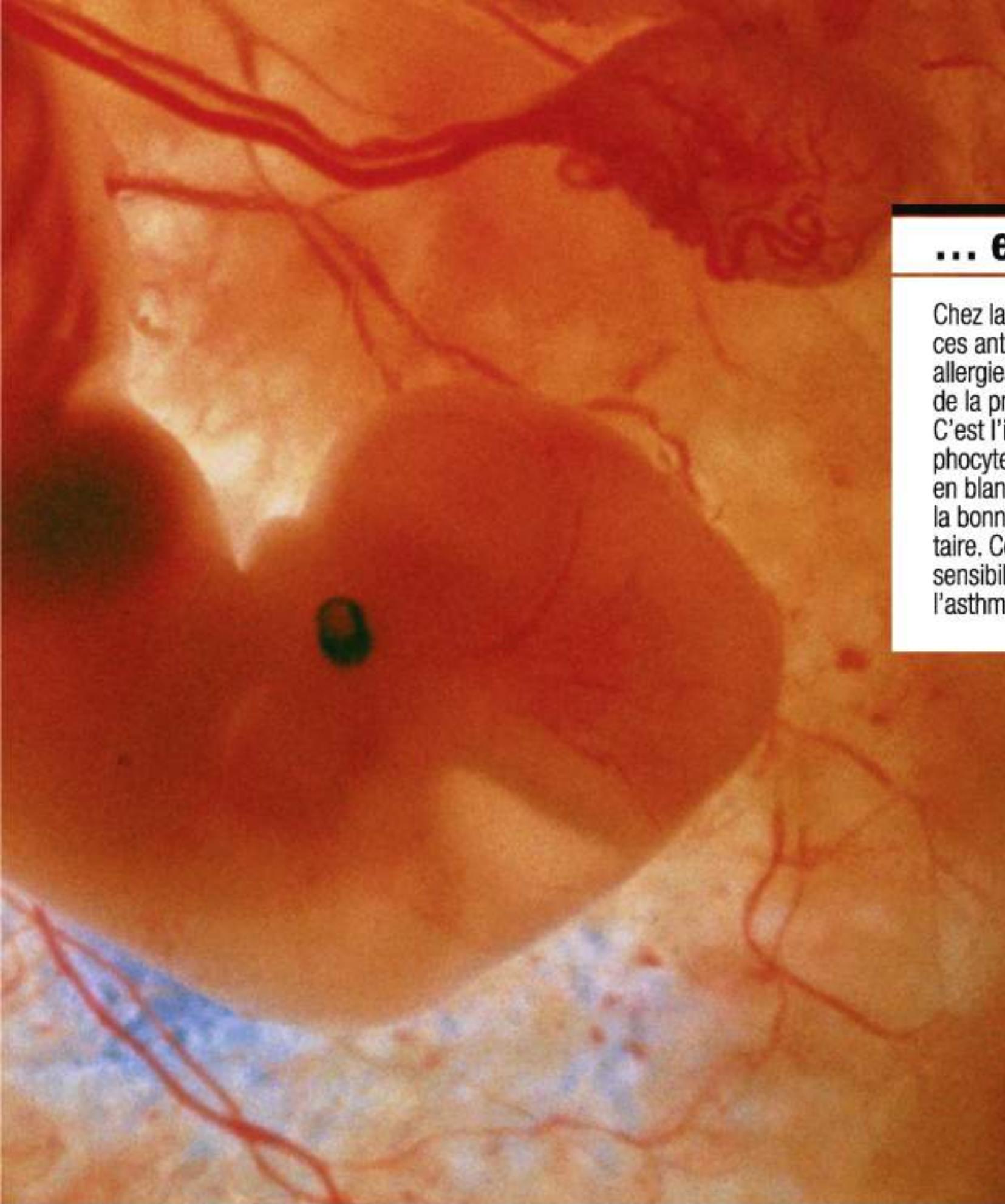
Comment expliquer que les aînés soient à ce point uniques? *"Pendant longtemps, on a considéré que cela était dû seulement à un environnement postnatal privilégié"*, explique Paul Hofman, endocrinologue pédiatrique à l'Institut Lig-

gins (université d'Auckland, Nouvelle-Zélande). Selon cette hypothèse, les aînés sont plus choyés car, seuls dans la famille pendant les premiers mois ou années, ils *"reçoivent probablement plus de nourriture que les autres"*.

Mais aujourd'hui, les chercheurs s'intéressent également à la période qui précède leur naissance: ce qui retient toute leur attention, c'est une différence d'anatomie... dans le ventre maternel! Comme l'explique José Derraik, chercheur en pédiatrie dans le même institut: *"Dans une fratrie, l'inégalité de taille serait liée aux altérations morphologiques que le premier fœtus provoque sur la mère, notamment sur les artères utérines. Grossesse après grossesse, le flux de nutriments vers le fœtus tend à croître. Le premier-né subirait l'apport le plus réduit, ce qui engendre-*

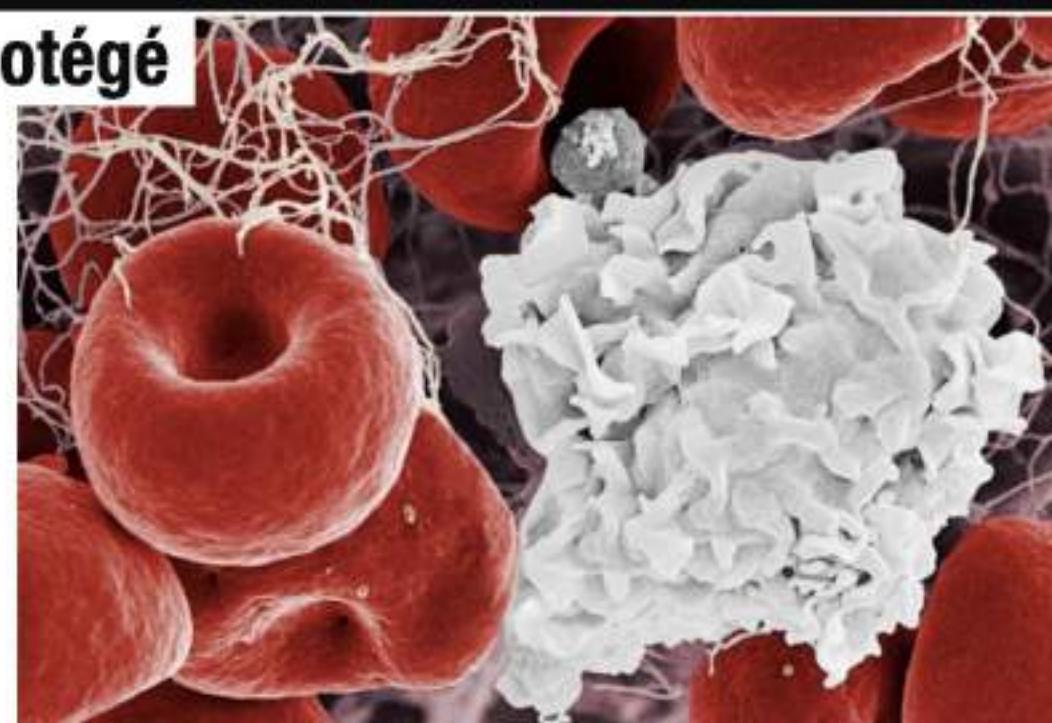
Du côté du Q.I., les aînés, cette fois, sont avantagés

Pour ce qui touche à la destinée individuelle, le constat est connu de longue date: les aînés présentent généralement un quotient intellectuel légèrement supérieur à celui de leurs cadets. Dès 1874, Francis Galton remarqua que près de la moitié des scientifiques éminents de l'époque étaient des premiers-nés, notant l'attention particulière dont ils bénéficiaient vis-à-vis des benjamins. Depuis, les publications se sont succédé et les observations se sont confirmées. L'une des dernières en date, réalisée par Sandra E. Black, économiste à l'Université du Texas, porte sur les futures capacités de leadership du premier-né. Elle observe que, statistiquement, les aînés occupent plus souvent des postes de management, tandis que les seconds s'orientent plus vers des professions libérales, appelant la créativité. Si de nombreuses études sociologiques, économiques et psychologiques éclairent ces différences de parcours, ce n'est pas le cas de la biologie. Pour l'instant?



... et il est surprotégé

Chez la mère, le taux d'IgE, ces anticorps à l'origine des allergies, est plus élevé lors de la première grossesse. C'est l'inverse pour les lymphocytes T régulateurs (ici en blanc), qui participent à la bonne tolérance immunitaire. Cela expliquerait la sensibilité des aînés à l'asthme et aux allergies.



rait des effets permanents sur la régulation des graisses et du glucose par son organisme." Au cours de leur vie intra-utérine, les premiers-nés s'habitueront donc à vivre dans une relative pénurie nutritive, tandis que les suivants bénéficieront, grossesse après grossesse, d'une opulence plus ou moins croissante.

UN MÉTABOLISME ADAPTÉ

"Du fait d'une première placentation qui n'est pas encore assez efficace, l'aîné subirait donc des anomalies métaboliques dès la petite enfance", reprend Paul Hofman. Autrement dit, une forme de "programmation" pour résister à la pénurie perdurerait après la naissance. Et cela expliquerait certaines différences de métabolisme entre les enfants d'une fratrie, capables de transformer plus ou moins

facilement les nutriments en énergie.

Jonathan Wells, professeur d'anthropologie et de nutrition pédiatrique à l'Institut de la santé infantile de l'University College de Londres, remarque également que la récupération accélérée du poids dans les semaines et les mois qui suivent la naissance des aînés correspond à une surcharge de leur capacité métabolique. Si la bonne gestion nutritionnelle des aînés leur assure un rattrapage de croissance, cela se fait au détriment de leur pression artérielle et de leur taux d'acides gras dans le sang, supérieur à celui des cadets. Cela expliquerait pourquoi, comme le montrent les études épidémiologiques, les aînés ont plus de risque de développer des maladies cardio-vasculaires et même certains cancers (de l'endomètre, du foie, etc.).

"Chez les aînés, la régulation hormonale de la croissance fonctionnerait également sur un schéma différent de celle des benjamins", souligne José Derraik. En 2011, des médecins australiens et néerlandais ont publié une étude montrant clairement que les premiers-nés atteignent la puberté à un âge plus jeune que leurs cadets. En 2013, José Derraik a, lui, publié une étude qui suggère que les cellules des premiers-nés deviennent, à l'âge adulte, plus résistantes à l'action de l'insuline, cette hormone qui joue un rôle primordial dans l'utilisation du sucre par l'organisme. *"Cela pourrait évoluer vers un risque potentiel d'obésité et une moins bonne réceptivité à l'insuline, autrement dit un risque accru de diabète"*, explique le chercheur. Le tableau n'est pas vraiment reluisant pour les aînés...

Etre ou ne pas être le premier n'est cependant pas la seule question. Il semblerait que le sexe de l'aîné ait aussi une influence sur la croissance de ceux qui suivent: selon des chercheurs de l'Université du Québec, les garçons ayant des frères aînés pèseraient en moyenne moins lourd à la naissance que ceux n'ayant que des sœurs aînées. Et cette fois-ci, c'est le sys- →

→ système immunitaire maternel qui est pointé du doigt.

On sait que pour qu'une grossesse se déroule bien, il faut que le système immunitaire de la mère, entraîné pour s'attaquer aux corps étrangers, ne s'en prenne pas au fœtus, même si la moitié de ses gènes sont issus du père – c'est ce qu'on appelle la "tolérance materno-fœtale". Reste que les cellules immunitaires de

d'un fœtus masculin, ce qui altérerait le développement de ceux qui suivent.

Par ailleurs, ces réactions immunitaires participeraient aussi aux différences biologiques entre la santé des aînés et des puînés, sans lien avec le sexe. Les pédiatres observent régulièrement que les plus jeunes enfants d'une fratrie sont moins souvent victimes d'asthme et d'allergie que leurs

eux, à chaque grossesse, le système immunitaire de la mère se renforcerait, ce qui aiderait celui du fœtus à se développer correctement.

UNE IMMUNITÉ EN FORMATION

Depuis 2001, Wilfried Karmaus, épidémiologiste à l'Université de Memphis (Etats-Unis), a notamment constaté, grossesse après grossesse, chez une même femme, une réduction progressive du taux d'immunoglobuline E, un anticorps présent dans le plasma à l'origine des allergies et impliqué dans la réponse immunitaire d'un individu. A l'inverse, le nombre de lymphocytes T régulateurs – des cellules participant à la bonne tolérance immunitaire – augmente chez la mère après le premier accouchement. Ce phénomène n'est cependant pas immuable : lorsque l'intervalle entre deux grossesses dépasse environ deux ans ou que le père biologique change, le risque d'atopie (la prédisposition aux manifestations allergiques) redevient équivalent à celui d'un premier-né.

Les lois de la famille semblent ainsi faites : si, du côté éducatif et sociologique, les aînés profitent à plein de leur place (voir encadré, p. 84), du côté de la biologie, cela ne semble pas vraiment un avantage de passer le premier.



A lire : les études de l'University College de Londres et de l'Université fédérale de Pelotas ; l'étude de José Derraik, de l'Institut Liggins (Nouvelle-Zélande). **EN SAVOIR PLUS**

science-et-vie.com

Les jumeaux comme les aînés

L'endocrinologue pédiatrique Paul Hofman a remarqué que, lorsque des jumeaux sont les aînés d'une fratrie, ils présentent tous les deux une moins bonne réceptivité à l'insuline : "Cela veut dire qu'ils étaient également sous-alimentés dans la placenta, précise-t-il. D'autres études ont constaté que seul le plus petit des jumeaux se montrait plus résistant à l'insuline. Mais on ne parvient pas non plus à faire rentrer l'autre dans un groupe qui présente un poids de naissance normal." Tout dépend aussi s'ils sont monozygotes ou dizygotes. Les jumeaux identiques partagent le même patrimoine génétique et, donc, une grande partie de leurs particularités physiques.

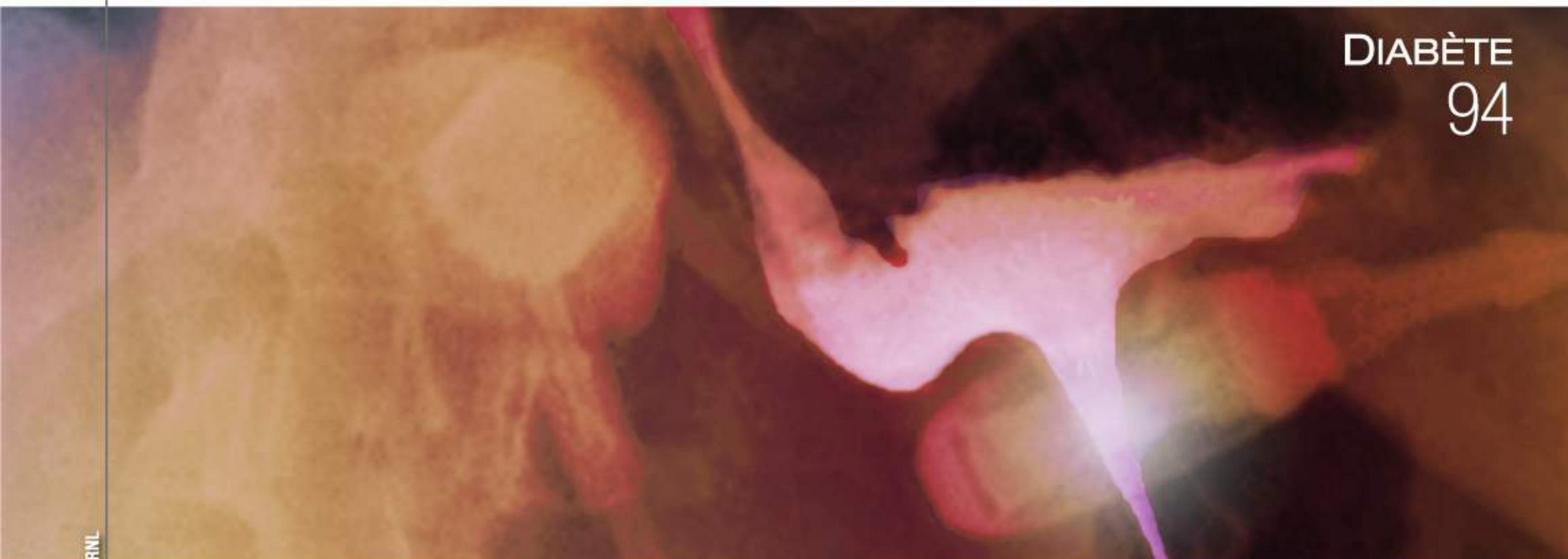
la mère développent tout de même des anticorps contre des éléments du fœtus, lorsque ces derniers franchissent la barrière placentaire pour atteindre le sang maternel. En particulier contre les protéines issues du chromosome sexuel masculin, le Y. Les chercheurs québécois, et d'autres avec eux, supposent donc qu'un fœtus masculin est plus "durs" à tolérer pour la mère, qui n'a pas de chromosome Y.

Le passage d'une fille ou d'un garçon dans le ventre de la mère ne laisserait donc pas la même "empreinte" immunologique. Plus précisément, la réaction immunitaire deviendrait plus forte à chaque grossesse

aînés. Des différences dans l'éducation sont parfois avancées pour expliquer ce constat : les parents seraient plus attentifs à l'hygiène autour de leur premier enfant, qui serait alors moins confronté aux microbes que les suivants. Le système immunitaire des premiers enfants serait donc en quelque sorte plus immature et aurait plus tendance à s'embalier sans raison face aux allergènes, déclenchant le cercle vicieux des allergies.

Sauf que, depuis le début des années 2000, à côté de cette piste "hygiéniste", des chercheurs testent une autre hypothèse qui fait remonter l'allergie au ventre maternel. Selon

& Science techniques



Satellites

La grande bataille des avions-lanceurs

Un avion suffit pour envoyer une fusée légère dans l'espace, nous explique **Pierre-Yves Bocquet**. Léger, flexible, réutilisable, ce type de lancement fait aujourd'hui l'objet d'une compétition technique mondiale, aux résultats parfois spectaculaires.

Contexte

Dans les années à venir, la majorité des lancements spatiaux concerneront des constellations de petits satellites de moins de 150 kg sur des orbites basses. D'où le recours à des lanceurs plus légers et moins onéreux.

STRATOLAUNCH SYSTEM CORP.



< LE PLUS
GRAND AÉRONEF
DE L'HISTOIRE
Le Stratolaunch,
avec ses 117 m
d'envergure, pourra
emporter une fusée
de 250 t. Premier
essai en 2018.

Le plus grand avion jamais construit est en train de voir le jour en Californie. Il a fait ses premiers tours de roues sur un aéroport près du désert de Mojave, en mai dernier, et devrait effectuer son premier vol d'essai en 2018. Un monstre qui explose tous les records. Son envergure: 117 m. L'équivalent de celle d'un Airbus A380... et d'un A320! C'est aussi 20 m de plus que le plus grand avion ayant jamais volé, l'hydravion militaire H-4 Hercules imaginé par l'aviateur milliardaire américain Howard Hughes en 1947.

Ce titan des airs tout en composites (une première!) est doté d'un double fuselage de 72 m de longueur (10 de plus que le Concorde), de six turboréacteurs empruntés à des Boeing 747 (qui, eux, n'en comptent que quatre) et de 14 paires de roues (deux fois plus que l'avion de transport militaire A400M)... Une débauche technique voulue et financée par le richissime passionné d'aviation Paul

Allen – l'un des fondateurs de Microsoft. Et à quoi servira cet avion XXXL? A transporter des touristes? Des soldats? A lutter contre les incendies? Non. Ce monumental aéronef aura pour mission de transporter... une fusée. Baptisé Stratolaunch, ce futur roi du ciel ambitionne de bousculer le règne presque sans partage des lanceurs traditionnels, tels Arianespace et SpaceX.

BEAUCOUP MOINS CHER

Le principe est simple: une fusée (un lanceur doté d'une coiffe contenant des satellites) est placée sous l'avion, à la manière d'un missile. A une dizaine de kilomètres d'altitude, le lanceur est largué et son moteur mis en route. Il peut alors parcourir le reste du trajet pour mettre ses satellites en orbite, de façon classique.

L'idée d'utiliser un avion pour lancer des objets dans l'espace n'est pas nouvelle. La technique porte même un nom: le lancement aéroporté. Elle a été initiée en avril 1990 par l'entreprise américaine



Le retour du rockoon

Elever une fusée le plus haut possible dans l'atmosphère avant de la lancer: le physicien américain James Van Allen avait déjà eu cette idée en 1949. Mais avec un ballon, comme ceux utilisés pour les sondes en haute altitude. Il permet d'emmener la fusée trois à quatre fois plus haut qu'un avion, jusqu'à 30 ou 40 km, mais il ne peut pas être dirigé et reste très dépendant des conditions météo. Un obstacle qui ne semble pas décourager l'entreprise espagnole Zero 2 Infinity, créée en 2009 et bien décidée à remettre les rockoons (contraction de *rocket* et de *balloon*) dans la course des lancements de satellites légers. Plusieurs essais du ballon (à vide) ont déjà permis d'atteindre l'altitude de 33 km. En mars, Zero 2 Infinity a également conduit avec succès un test d'allumage de fusée depuis un ballon, à 25 km d'altitude. Les premiers lancements pourraient avoir lieu dès 2019. Pour diversifier son activité, l'entreprise prévoit aussi d'utiliser ses rockoons pour emmener des touristes admirer la Terre depuis la stratosphère.



Maison mère
Stratolaunch
(E.-U.)

Type d'avion
Double fuselage
(création)

Fusée
Pegasus XL

Capacité
450 kg en orbite
basse pour la fusée
Pegasus. Mais
l'avion peut embar-
quer jusqu'à 250 t
de charge utile.

**Entrée en
service** 2019

Le mégalo Stratolaunch

Points forts

Un double fuselage pour positionner la fusée au centre de l'aile, lui offrant un maximum d'espace, et le passage au tout composite, pour alléger l'appareil au maximum (230 t à vide tout de même). La taille de l'avion et son importante capacité d'emport lui permettront de concurrencer, en partie, les lanceurs traditionnels pour le lancement de satellites de plusieurs tonnes.

Orbital Sciences (devenue Orbital ATK), avec son lanceur Pegasus, toujours en activité, qui a déjà effectué 43 tirs et lancé 94 satellites.

Stratolaunch n'est d'ailleurs pas le seul à se lancer dans la bataille: d'autres concurrents sont bien décidés à se faire une place au soleil, ou plus exactement en orbite basse, avec des choix techniques

Le pionnier Pegasus XL

Points forts

Le B-52 (ci-contre) et, depuis 1994, le TriStar (ci-dessous) d'Orbital ATK ont déjà mis sur orbite, depuis 1990, 94 satellites en 43 missions (dont 29 succès d'affilée), pour des clients comme la Nasa. Le modèle a prouvé sa flexibilité géographique avec des décollages effectués depuis la Californie, la Virginie, la Floride, les Canaries et les îles Marshall.

Points faibles

L'âge avancé du TriStar (il date des années 1970) le rend moins économique en carburant que des appareils plus récents. L'utilisation d'un avion de ligne, peu manœuvrable, ne permet pas de donner une vitesse (Mach 0,86) et un angle d'inclinaison très élevés à la fusée au moment du largage. D'où l'utilisation, sur cette dernière, d'une petite aile delta en fibre de carbone dotée d'ailerons pour lui procurer la portance nécessaire et assurer les changements de trajectoire.



Points faibles

L'incertitude plane sur la fusée qui sera embarquée sur cet avion hors norme. Stratolaunch a conclu un partenariat avec Orbital ATK pour utiliser la fusée Pegasus, limitée à 450 kg alors que l'avion a la capacité d'emporter 250 t! D'autres lanceurs de satellites sont-ils envisagés? "Une multiple configuration de fusées offrira à nos clients des avantages décisifs sur les coûts de lancement", répond évasivement l'entreprise.

différents. Un autre milliardaire, Richard Branson (le fondateur du groupe Virgin), prévoit par exemple d'utiliser un avion de ligne – un Boeing 747 reconvertis – pour effectuer ce même type de mission. Une petite start-up californienne, Generation Orbit, fait, elle, le pari de "recycler" un jet d'affaires. Sans oublier l'Onera, le centre français de recherche

aérospatiale, qui mise sur l'utilisation d'un drone.

Pourquoi cette ruée d'aspirants lanceurs? Parce que la méthode présente de nombreux intérêts. En premier lieu, une fois le largage effectué, l'avion peut être réutilisé – contrairement aux propulseurs des lanceurs traditionnels, éjectés après utilisation –, générant ainsi une économie



Le futuriste Altair

Points forts

Ce projet du centre français de recherche aérospatiale (Onera) fait l'objet d'un programme européen. Il s'agit d'un drone entièrement automatisé. *“L'optimisation du système nous permettra aussi un largage de la fusée avec une pente proche de 20°”*, précise Gérard Ordonneau, directeur du programme Lanceurs à l'Onera.

Points faibles

C'est le projet le moins proche de la mise en service : l'automatisation du lancement exige encore d'importants travaux sur le développement et la fiabilisation des algorithmes de navigation et de guidage. Ce n'est qu'à la condition d'avoir fait la preuve de la fiabilité d'un drone que l'Onera pourra espérer trouver un partenaire industriel pour passer au développement concret du concept.

Maison mère
Onera (France)

Type d'avion
Double fuselage (création)

Fusée
Propulsion hybride solide-liquide écologique

Capacité
De 50 à 150 kg sur des orbites basses

Entrée en service > 10 ans

ce type de lancement à la capacité d'emport limitée et visant les orbites basses (entre 160 et 2 000 km d'altitude) est particulièrement adapté à un marché en plein boom, celui des nano et microsatellites (voir *S&V* n° 1197, p. 96).

Attrait d'autant plus fort que ce créneau est délaissé par les lanceurs traditionnels, historiquement destinés à mettre de gros satellites (de plusieurs tonnes) sur des orbites élevées (jusqu'à 36 000 km). Certes, des lanceurs légers sont en développement depuis quelques années (comme Vega d'Arianespace, ou Electron de Rocket Lab), mais les lancements aéroportés promettent des solutions encore plus compétitives et moins contraignantes.

OPÉRATION DANGEREUSE

Les défis sont maintenant du côté technique. Vitesse et angle de lancement, capacité d'emport... Chacun des concurrents tente de trouver la meilleure équation. Sachant que larguer une fusée remplie

non négligeable. Autre avantage : les premiers kilomètres de l'atmosphère sont les plus denses, et donc les plus coûteux en énergie. *“L'altitude et la vitesse de la fusée au moment du largage permettent d'économiser le carburant qu'elle aurait dû embarquer pour les atteindre par ses propres moyens. Ce gain permet de construire une fusée plus compacte et donc moins coûteuse”*, résume Jérôme Vila, sous-directeur Futur et Innovation lanceurs, au Centre national d'études spatiales (Cnes).

Au final, le coût du lancement tombe à moins de 10 millions d'euros, contre une centaine de millions habituellement.

Dernier avantage, et pas des moindres : la flexibilité. Un lancement à l'aide d'un avion peut être effectué depuis un simple aéroport et programmé en quelques semaines, contre plusieurs mois, voire plusieurs années, depuis une base comme Kourou (Guyane).

D'accord, mais alors pourquoi est-ce seulement aujourd'hui que tant de projets sortent des cartons ? Parce que

Le favori LauncherOne

Points forts

Né en 2007, le projet bénéficie de moyens importants, d'économies de développement liées à l'utilisation d'un avion auparavant exploité par la compagnie Virgin Atlantic, de moteurs de fusée maison qui ont fait leurs preuves au banc d'essai... Le projet a déjà convaincu la Nasa, ou OneWeb, qui veut lancer une constellation de près de 650 satellites de connexion à Internet.

Points faibles

Comme pour Orbital ATK (voir encadré p. 89), l'utilisation d'un avion de ligne, peu manœuvrable, ne permet de donner ni une vitesse (Mach 0,85) ni un angle d'incidence très élevés à la fusée au moment du largage.



Maison mère
Virgin Orbit (E.-U.)

Type d'avion
Jumbo Jet
(B747-400 modifié)

Fusée
2 étages à propul-
sion liquide

Capacité
500 kg en orbite
très basse
(< 1000 km) ou
200 kg en héliosyn-
chrone (< 2000 km)

**Entrée en ser-
vice** 2018

de carburant à 10 km d'altitude n'est pas une opération anodine. C'est ce qu'a appris, à ses dépens, la Darpa (l'agence de Défense américaine dédiée aux projets avancés) dans le cadre du projet Alasa: après trois explosions au banc d'essai, il a finalement été enterré en novembre 2015.

Qui remportera la bataille ? *“La réussite dépend de la bonne combinaison entre l'avion et la fusée, estime Jérôme Vila, du Cnes. Cela semble être le cas pour tous les projets, sauf peut-être pour Stratolaunch, dont la démesure semble difficilement compatible avec la rentabilité: la passion a l'air de l'emporter sur la raison.”* *“Ils ont un budget important, mais le modèle économique n'est pas clair”,* renchérit Gérard Ordonneau, directeur du programme Lanceurs à l'Onera, engagé sur un choix technique différent.

Les premiers tours de roues du colosse l'annoncent en tout cas de façon spectaculaire: la bataille des avions-lanceurs a commencé.

Le supersonique GOLauncher

Points forts

Le choix d'un jet d'affaires comme avion-lanceur le rend plus manœuvrable que les avions de ligne, avec un angle de lancement proche de 45°. Née en avril 2011, Generation Orbit (GO) prévoit de développer des lanceurs plus lourds (basés sur un DC-10) pour pouvoir embarquer des charges plus importantes (150 kg et plus) vers des orbites plus élevées.

Points faibles

Une capacité d'emport beaucoup plus faible qu'un avion de ligne. Par ailleurs, l'entreprise n'en est, pour l'instant, qu'au développement d'un banc d'essai pour tester les systèmes de lancements hypersoniques, et à la définition des spécifications préliminaires de ses avions-lanceurs.



A voir :
le Stratolaunch
vu du ciel et
une animation
de lancement
aéroporté
depuis un
F-16.

science-et-vie.com

Guérir du diabète

Les 3 pistes

On croyait le diabète irréversible. Or, trois nouvelles méthodes, par la chirurgie, la diététique et les médicaments, remettent en cause cette fatalité. Avec des résultats inespérés, nous explique **Coralie Hancok**.

Si pendant mes études de médecine, dans les années 1990, j'avais écrit qu'on pouvait guérir du diabète, on m'aurait gentiment dit de revenir passer l'examen l'année suivante", plaisante Rémi Rabasa-Lhoret, endocrinologue à l'Institut de recherches cliniques de Montréal, au Canada. Et pourtant... Ce qui passait pour impossible il y a encore quelques années est aujourd'hui clairement affiché comme l'objectif de plusieurs essais cliniques

menés un peu partout à travers le monde.

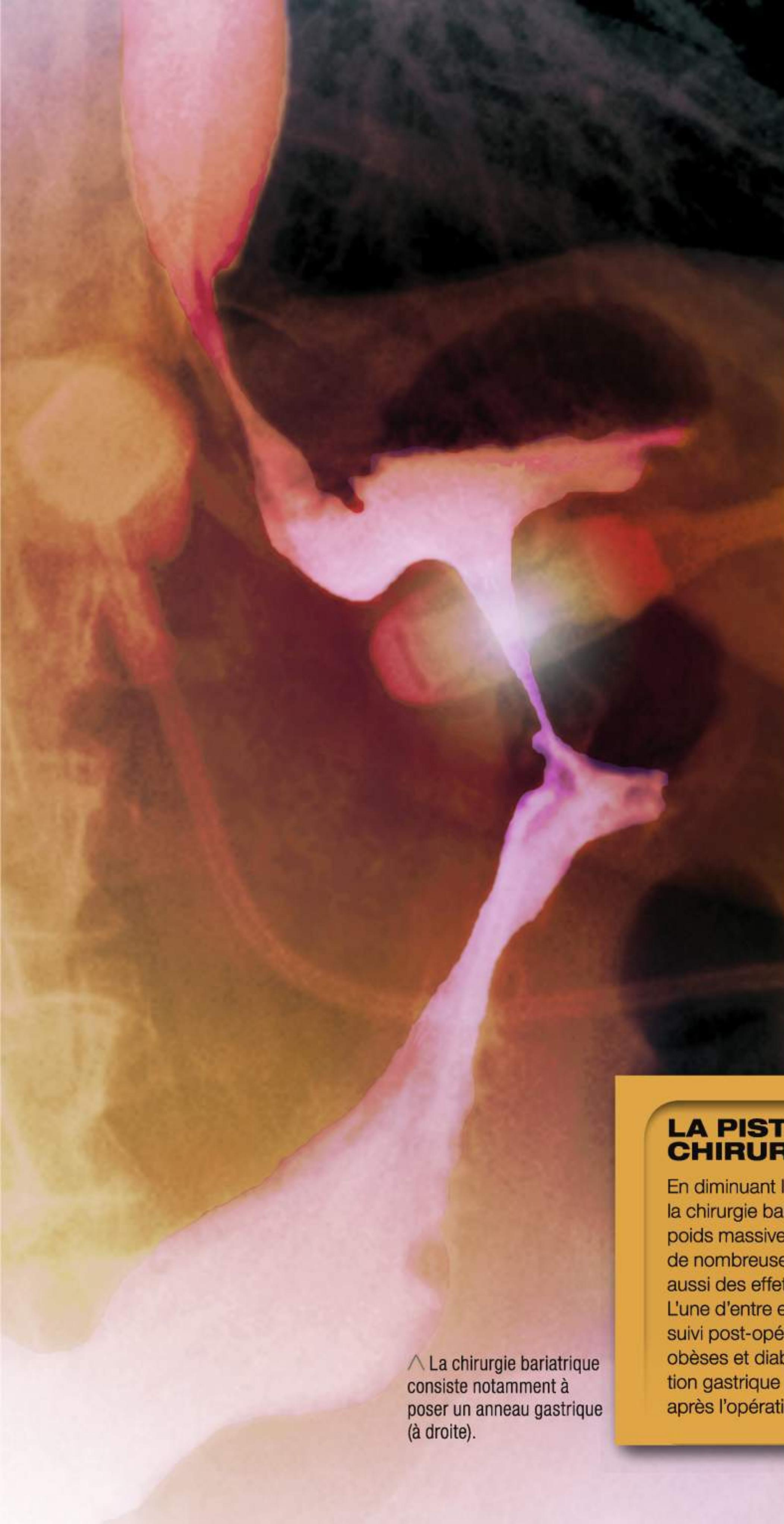
Prudent, le médecin franco-canadien préfère parler de rémission plutôt que de guérison. Il n'empêche. Un véritable changement de paradigme est en train de s'opérer: le diabète n'est plus la maladie chronique, dégénérative et irréversible que l'on a longtemps cru. Car il semble possible, au moins si on agit durant les premières années de la maladie, d'en inverser la progression.

Les premiers indices sont venus, de façon inattendue, de la chirurgie bariatrique. Classique, l'opération consiste à enlever une partie de l'estomac ou à créer une déviation du tube digestif pour empêcher une partie des aliments de passer par l'estomac. "Chez certains patients obèses et diabétiques opérés, détaille Rémi Rabasa-Lhoret, on a observé, quelques jours seule- →

Repères

Il existe deux formes de diabète. Le type 1 se déclare généralement dès l'enfance ; il est lié à un déficit de production de l'insuline, l'hormone qui permet d'assimiler le sucre. Le type 2, beaucoup plus répandu, est lié à une forme d'insensibilisation des cellules à l'insuline. L'hormone est produite mais elle n'est pas efficace. C'est cette forme de diabète que les médecins espèrent pouvoir guérir.





▲ La chirurgie bariatrique consiste notamment à poser un anneau gastrique (à droite).

ment après l'opération, une diminution importante de la glycémie [la quantité de sucre dans le sang]. Et un taux normal se maintenait pendant de nombreuses années, voire plus d'une décennie."

Cette première vraie piste vers la guérison ne peut évidemment pas être proposée à tous. L'intervention, très lourde et risquée, sera toujours réservée aux seuls patients souffrant d'une obésité sévère. Il n'empêche : aujourd'hui, la disparition du diabète est attendue comme un "bénéfice collatéral" de l'opération.

600 KILOCALORIES PAR JOUR

Ces résultats inespérés ont intrigué un autre médecin endocrinologue, qui exerce à l'université de Newcastle (Royaume-Uni). En 2006, alors qu'il détaille les résultats spectaculaires des opérations chirurgicales montrant un retour à la normale, Roy Taylor se demande comment un coup de scalpel dans l'estomac des patients peut avoir un tel effet.

Sa conviction ? Ce n'est pas le coup de scalpel en lui- →



LA PISTE CHIRURGICALE

En diminuant la quantité d'aliments ingérés, la chirurgie bariatrique entraîne une perte de poids massive chez les patients obèses. Mais de nombreuses études ont montré qu'elle a aussi des effets bénéfiques sur le diabète. L'une d'entre elles a par exemple analysé le suivi post-opératoire de 900 Canadiens obèses et diabétiques ayant subi une dérivation gastrique (*by-pass*). Résultat : un an après l'opération, 37 % étaient en rémission.

→ même qui induit la rémission du diabète, mais la réduction drastique de la quantité de nourriture ingérée qui découle de l'opération.

Pour vérifier son hypothèse, Roy Taylor élabore un protocole de traitement que certains nomment "diète chirurgicale" ou "chirurgie sans chirurgie". Et pour cause... Au lieu de réduire chirurgicalement la taille de l'estomac des patients obèses et diabétiques afin de limiter l'apport nutritionnel, l'endocrinologue propose à onze d'entre eux de suivre tout simplement... un régime.

Mais un régime draconien : pas plus de 600 kilocalories par jour, quand l'apport quotidien conseillé se situe plutôt entre 2400 et 2600 kilocalories pour un homme, et entre 1800 et 2200 pour une femme ! Et les résultats sont impressionnantes : à l'issue de cette expérience, la glycémie des patients était redevenue identique à celle d'un non-diabétique.

Le médecin a également mesuré la quantité d'insuline sécrétée, ainsi que les quantités de triglycérides dans le pancréas et le foie. A des taux élevés, ces constituants principaux des graisses animales sont des indicateurs de mauvaise santé. Résultat : au fil des semaines de régime, tandis que la quantité d'insuline augmentait, les taux de triglycérides diminuaient.

Pour comprendre ce qui s'est passé dans l'organisme de ces onze diabétiques, revenons aux fondamentaux. Le diabète est caractérisé par un taux trop élevé de glucose dans le sang. En principe, lorsque tout fonctionne bien, celui-ci est régulé

41%
de rémission

LA PISTE MÉDICAMENTEUSE

L'idée est de recourir à des injections d'insuline dès le début de la maladie, combinées à des antidiabétiques oraux. La stratégie a été testée dans un essai clinique sur 83 patients. Douze semaines après la fin du traitement, 41 % d'entre eux remplissaient les critères d'une rémission complète ou totale du diabète.

> Cristaux d'insuline.

grâce à la sécrétion d'une hormone, l'insuline, par certaines cellules du pancréas, les cellules β . Après un repas, alors que le taux de glucose dans le sang a augmenté, l'insuline permet le retour à la normale en favorisant l'entrée du glucose dans le foie (où il est stocké) et dans les muscles (où il est directement utilisé comme carburant).

Mais chez les patients souffrant de diabète de type 2, soit

L'objectif est de moins solliciter le pancréas, qui sécrète l'insuline

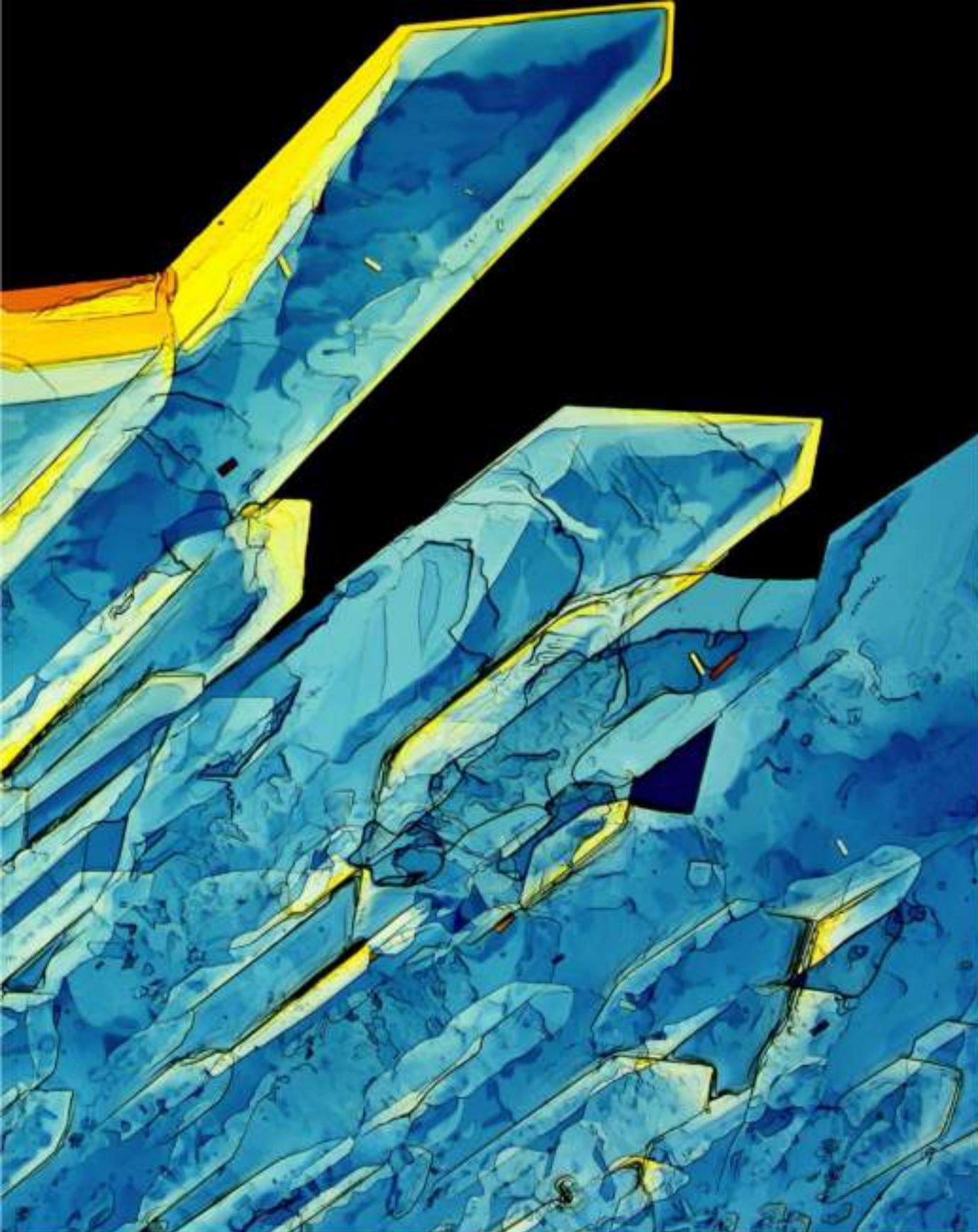
90 % des diabétiques, cette pénétration du sucre dans les muscles et le foie sous l'action de l'insuline se fait moins bien : on dit qu'ils sont "insulino-résistants". Face à un taux qui reste trop élevé, le pancréas se met alors à sécréter plus d'insuline. Ce qui

permet, pendant un temps, de compenser cette insulino-résistance.

Pendant un temps seulement... Trop sollicitées, les cellules β finissent par perdre en efficacité et sécrètent de moins en moins d'insuline. D'où les injections d'insuline nécessaires chez les diabétiques se trouvant à un stade avancé de la maladie.

DES CELLULES EN BURN-OUT

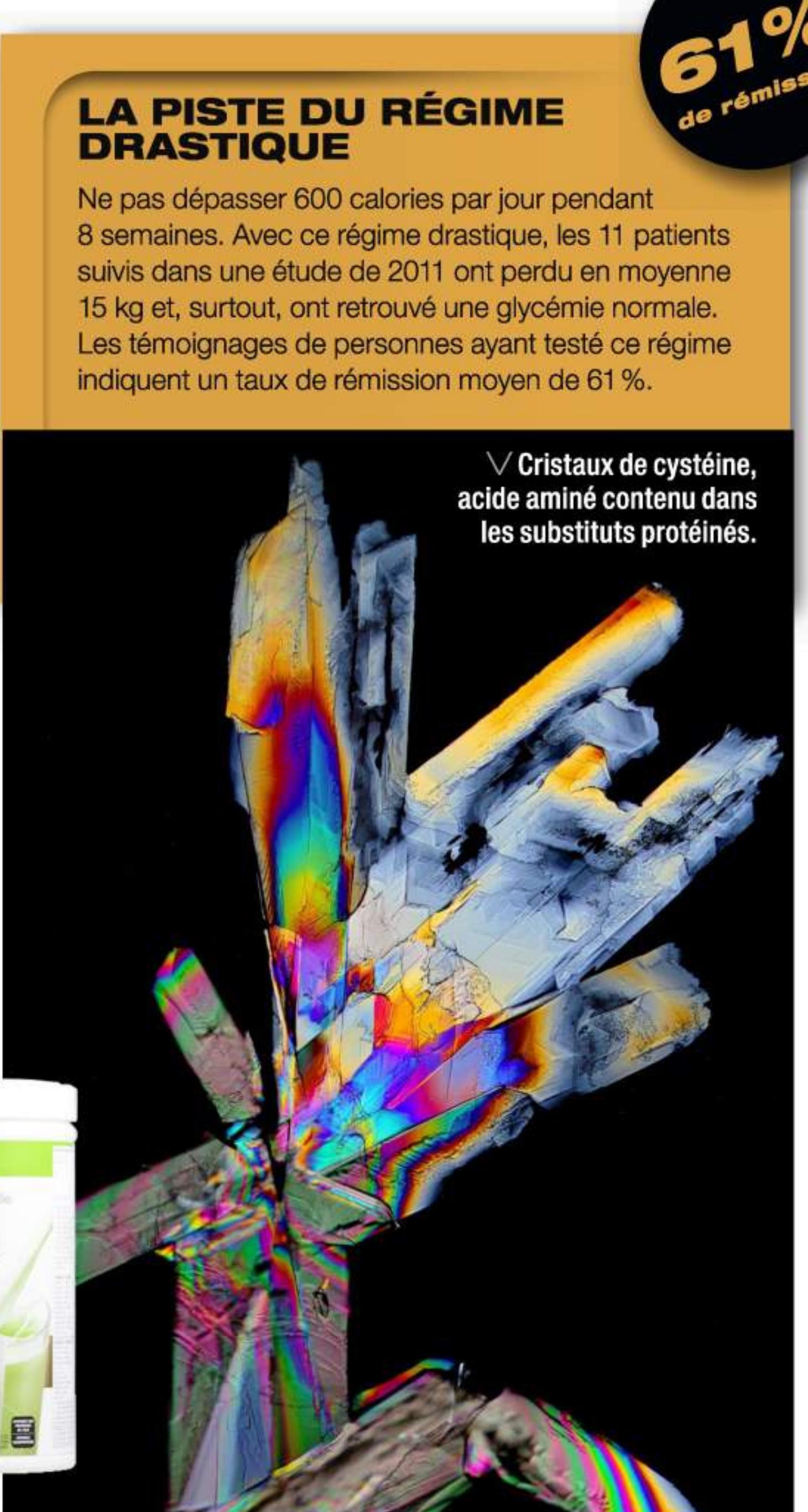
"On a longtemps pensé que cette diminution de la production d'insuline était due à la mort des cellules β , d'où le caractère jugé irréversible de la maladie. En réalité, on s'est aperçu qu'elles ne meurent pas, elles font juste une sorte de burn-out. Si on les met au repos, elles sont capables de fonctionner à nouveau normalement", explique Rémi Rabasa-Lhoret. Or, c'est justement l'un des avantages de la chirurgie bariatrique ou du régime mis au point par Roy Taylor : lorsque l'apport en nu-



triments diminue, le pancréas est moins sollicité.

Autre mécanisme invoqué par Roy Taylor pour expliquer ses résultats: *“Un régime alimentaire trop riche favorise l’accumulation de graisse dans le foie. Cela provoque une augmentation de la résistance à l’insuline de cet organe, mais aussi des triglycérides dans le sang qui, à leur tour, perturbent la sécrétion d’insuline par le pancréas.”* La “purge du foie gras” permettrait donc, plus que la perte de poids, de renverser le cours du diabète.

Depuis la publication de ces résultats en 2011, des dizaines de patients ont tenté l’expérience sur eux-mêmes. L’un d’eux a même publié un livre (voir “En savoir plus”). *“L’analyse de 77 de ces témoignages a montré un taux de rémission du diabète compris entre 53 % et 80 % en fonction du niveau de la perte de poids”*, indique Roy Taylor. Mais, conscient que ces témoignages n’ont pas valeur de preuve scientifique,



LA PISTE DU RÉGIME DRASTIQUE

Ne pas dépasser 600 calories par jour pendant 8 semaines. Avec ce régime drastique, les 11 patients suivis dans une étude de 2011 ont perdu en moyenne 15 kg et, surtout, ont retrouvé une glycémie normale. Les témoignages de personnes ayant testé ce régime indiquent un taux de rémission moyen de 61 %.

✓ Cristaux de cystéine, acide aminé contenu dans les substituts protéinés.

lui et son équipe ont lancé en 2016 un essai clinique de plus grande ampleur: en Angleterre et en Écosse, 280 patients diabétiques ont été affectés soit à une prise en charge classique de leur diabète, soit au régime très basse calorie. Les résultats sont attendus pour 2018.

Au Canada, c’est une tout autre approche qui va être ex-

périmentée par Rémi Rabasa-Lhoret. *“La chirurgie bariatrique comporte des risques opératoires*, souligne le chercheur. *Quant aux diètes extrêmes, elles peuvent favoriser l’apparition de troubles du comportement alimentaire. Pour mettre le pancréas au repos, nous proposons donc une troisième voie. Notre idée est* →

→ *d'utiliser des médicaments déjà disponibles pour le traitement du diabète, mais de façon différente : au lieu de procéder par étape en prescrivant d'abord des antidiabétiques oraux puis, lorsque la maladie a trop évolué, de l'insuline, il s'agit d'être agressif dès le début en combinant sur une courte période antidiabétiques oraux et injections d'insuline."*

En mars dernier, une première étude était publiée par

Plusieurs questions risquent cependant de rester en suspens durant encore quelques années. Tous les patients pourront-ils obtenir la rémission de leur diabète ? Pour l'heure, les essais en cours au Canada et en Grande-Bretagne n'ont enrôlé que des patients dont le diagnostic de diabète est inférieur à 6 ou 8 ans. Mais les chercheurs espèrent pouvoir dépasser cette limite, même si rien n'a encore été testé.

médicamenteuse, là aussi on peut imaginer que si les gens reprennent un mode de vie identique, ils redeviendront diabétiques rapidement."

FAIRE DE L'EXERCICE

Pourtant, quand on parle de guérir le diabète, ce chercheur ne figure pas parmi les sceptiques. Il a même publié un ouvrage sur le sujet (voir "En savoir plus"). Mais "quand certains disent qu'il suffit d'enlever la graisse du foie ou mettre le pancréas au repos, ils oublient le rôle des muscles. En augmentant l'activité physique, il est possible d'améliorer la sensibilité à l'insuline de ces derniers et donc d'agir directement sur le diabète. Les exercices physiques doivent donc être promus et surtout il faut accompagner les patients dans les recommandations qui leur sont faites. Grâce à des mesures hygiéno-diététiques et un suivi adapté, nous avons obtenu, l'année dernière, un taux de rémission du diabète de 25 %. C'est moins spectaculaire, plus long, mais c'est à mon avis plus pérenne."

Manger mieux, bouger plus... Les nouvelles pistes pour guérir du diabète semblent finalement un peu banales. Mais ne nous trompons pas : elles bouleversent notre vision d'une maladie que l'on pensait incurable.



A lire : les principales publications évoquées dans l'article, le livre du chercheur Grégoire Lagger, ainsi que le témoignage d'un patient, Normand Mousseau.

EN
SAVOIR
PLUS

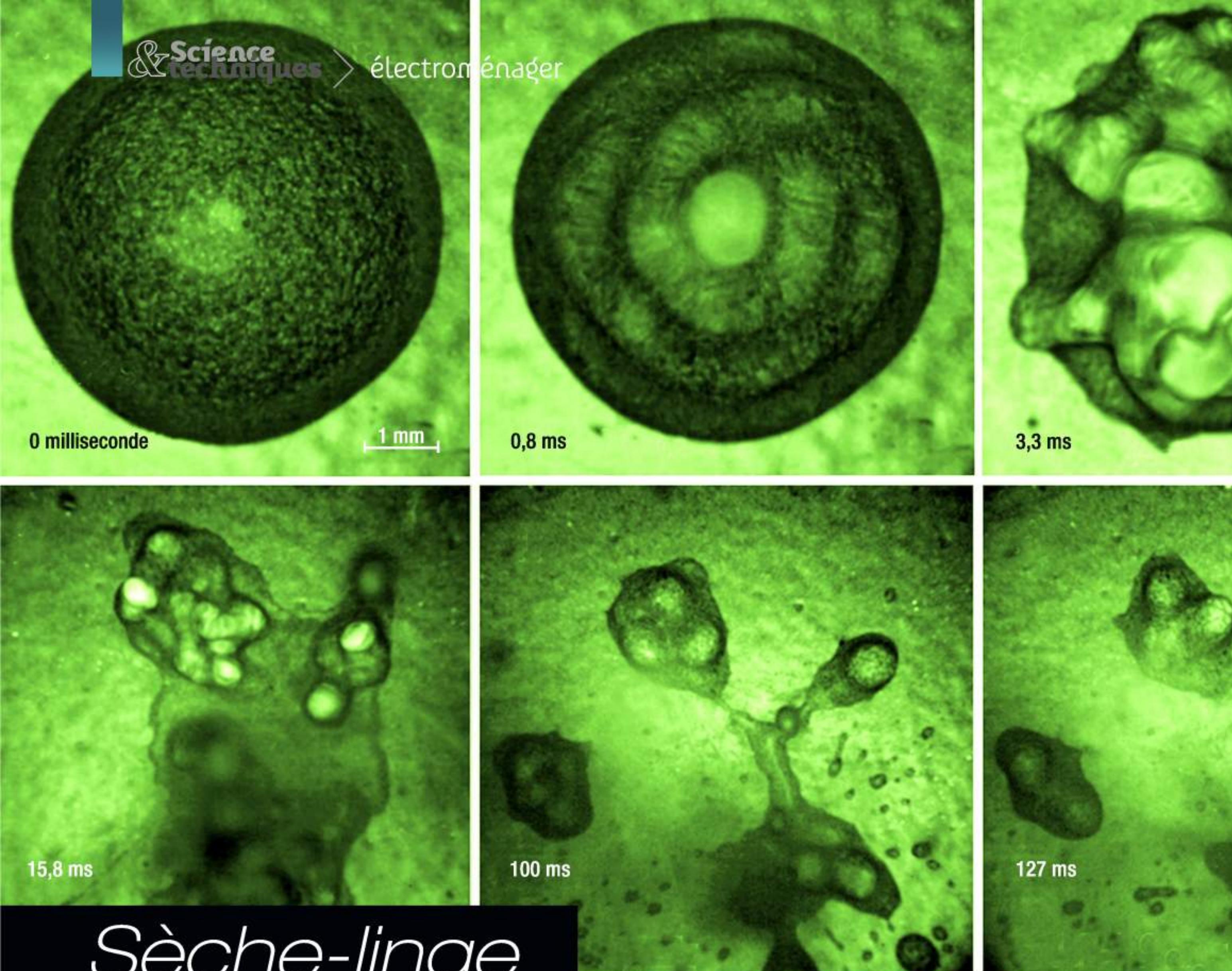
science-et-vie.com

Un mal aux origines multiples

Il existe une prédisposition génétique au diabète de type 2. Pour autant, elle n'explique pas à elle seule la survenue de la maladie, et encore moins l'augmentation spectaculaire de sa prévalence : entre 1980 et 2014, elle a quasiment doublé, passant de 4,7 % de la population mondiale adulte à 8,5 %. Pour expliquer cette épidémie, d'autres causes sont évoquées : la sédentarité et l'obésité, mais également des pistes plus originales comme des perturbations du rythme circadien (les travailleurs de nuit ont plus de risques de devenir diabétiques), des modifications de la flore intestinale, l'exposition pendant la vie utérine à certaines hormones maternelles ou à certains polluants (dont les fameux perturbateurs endocriniens), l'infection par certaines bactéries (notamment *Helicobacter pylori*), ou encore le tabagisme.

l'équipe de Natalia McInnes et Hertzel Gerstein, de l'université McMaster, en Ontario. Trois mois après la fin du traitement, plus de 40 % des patients étaient en rémission. "Ces premiers résultats sont encourageants. Nous allons désormais essayer de les confirmer par une large étude qui impliquera plusieurs centaines de patients dans une vingtaine de centres hospitaliers canadiens", explique Rémi Rabasa-Lhoret, qui dirigera les investigations au Québec.

Autre question, et non des moindres : la pérennité de ces résultats. "Que se passe-t-il une fois que tous ces patients reviennent à une vie normale ?" s'interroge Grégoire Lagger, du Service d'enseignement thérapeutique pour maladies chroniques au sein des hôpitaux universitaires de Genève, en Suisse. "La plupart du temps, les gens reprennent le poids qu'ils ont perdu après un régime ; un effet rebond que vivent aussi certains patients qui ont subi une chirurgie bariatrique. Quant à l'option



Sèche-linge

Les ultrasons vont tout changer

En quête d'économies d'énergie, des chercheurs américains ont développé un sèche-linge qui sèche sans chauffer. Le résultat est impressionnant, a constaté

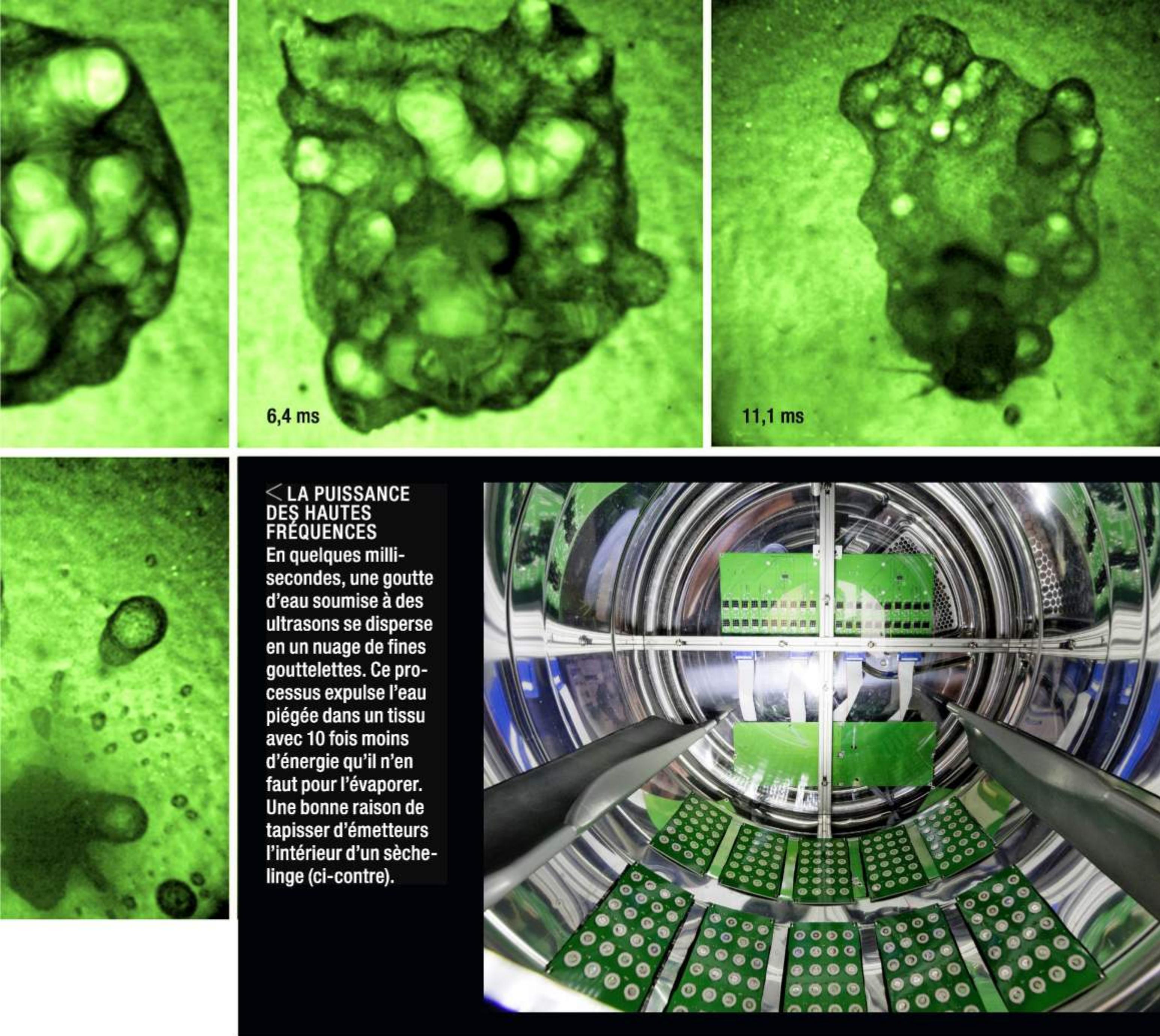
Xavier Boivinet.

En termes d'efficacité énergétique, rien ne vaudra le fil à linge. Mais pour les plus pressés, il y aura bientôt les ultrasons. A l'heure où les économies d'énergie sont de rigueur, le laboratoire national d'Oak Ridge, dans le Tennessee, a décidé d'en finir avec le sèche-linge classique et son

chauffage énergivore et chronophage, qui évapore l'eau.

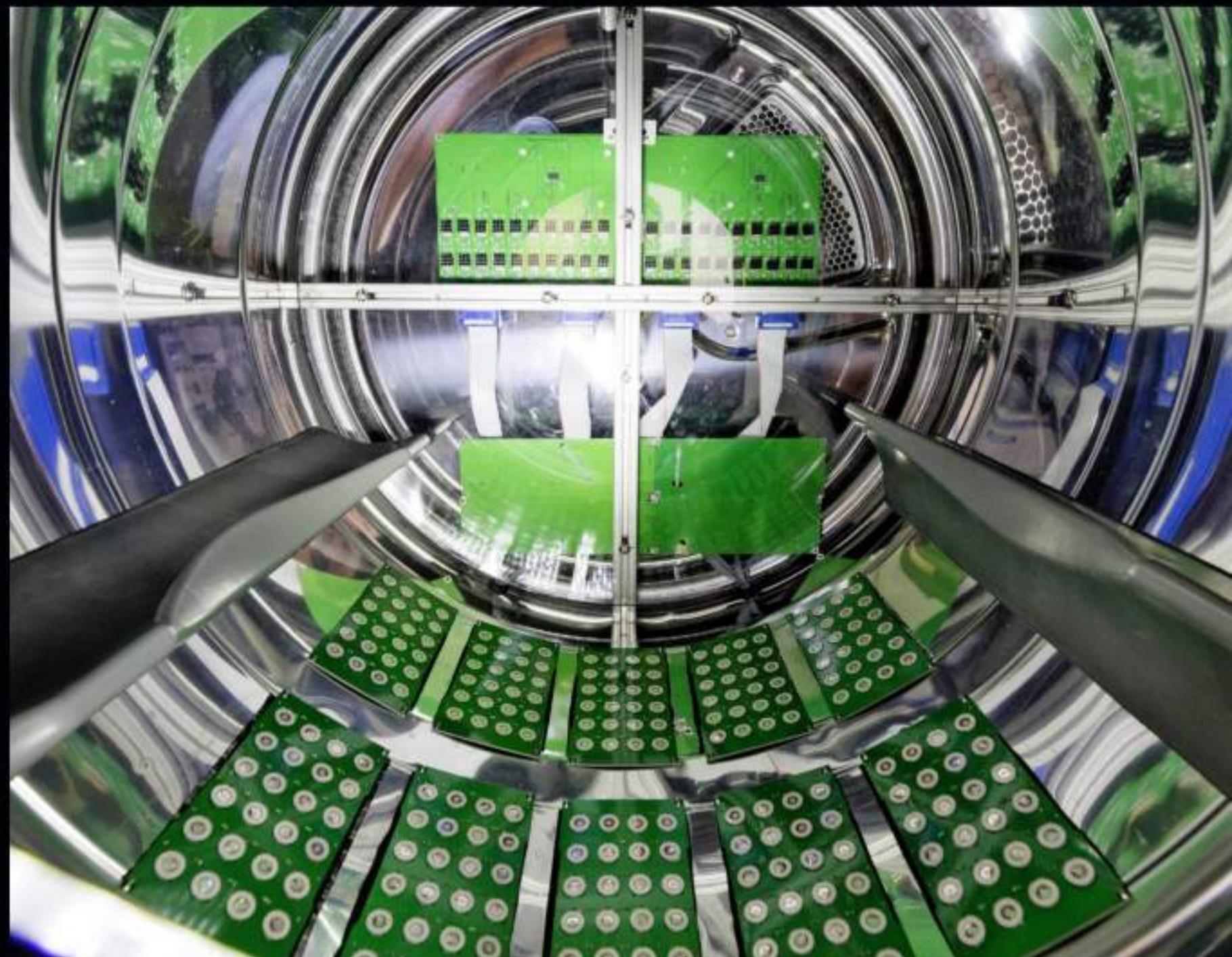
Le défi est ambitieux, à l'aune des résultats escomptés. Car grâce aux ultrasons, les chercheurs espèrent diviser le temps de séchage par deux et réduire par dix la consommation d'énergie !

“En 2014, nous nous sommes demandé s'il était vraiment



LA PUISSANCE DES HAUTES FRÉQUENCES

En quelques millisecondes, une goutte d'eau soumise à des ultrasons se disperse en un nuage de fines gouttelettes. Ce processus expulse l'eau piégée dans un tissu avec 10 fois moins d'énergie qu'il n'en faut pour l'évaporer. Une bonne raison de tapisser d'émetteurs l'intérieur d'un sèche-linge (ci-contre).



nécessaire d'évaporer l'eau, se rappelle Ayyoub Momen, inventeur du procédé. *N'y avait-il pas un autre moyen d'évacuer l'humidité d'un vêtement?* Et s'il suffisait de le secouer, comme on le ferait avec un T-shirt trempé, avant de l'étendre sur un fil?

Le principe imaginé par le laboratoire ressemble à ce geste banal, sauf qu'il est réalisé à une échelle microscopique avec des vibrations ultrasynthétiques à 130 kHz (autrement

dit, la pression de l'air oscille 130 000 fois par seconde).

Dans certaines conditions, des vibrations à haute fréquence peuvent atomiser l'eau contenue dans un vêtement, annonce Ayyoub Momen. Atomiser? N'allez pas imaginer la dissociation des atomes d'hydrogène et d'oxygène, précise le chercheur: *L'atomisation est un terme que nous utilisons couramment pour parler de la division de l'eau en très fines gouttelettes.*

Contexte

En France, près d'un tiers des foyers sont équipés d'un sèche-linge. Leur consommation annuelle moyenne équivaut à celle d'un réfrigérateur. Aux Etats-Unis, ils sont responsables de 1 % de l'énergie totale consommée! Un chiffre énorme pour une tâche ménagère ponctuelle. En cause? Le chauffage énergivore de la résistance qui évapore l'eau.

→ Connu depuis une cinquantaine d'années, ce procédé est déjà utilisé dans les humidificateurs d'air pour créer un nuage froid, mélange de vapeur et de fines gouttelettes, à partir d'un bac rempli d'eau. *“Ce à quoi personne n'avait pensé, c'est que nous pouvions utiliser ce principe pour sécher des vêtements”*, relève Ayyoub Momen. Une idée suffisamment viable pour convaincre General Electric Appliances d'accompagner le projet, avec le soutien financier du département de l'Energie américain.

L'ATOMISATION EN IMAGES

Mais pour optimiser les futurs prototypes, il fallait étudier le phénomène à l'échelle microscopique. Les chercheurs ont donc mobilisé une caméra capable de filmer à 3 600 images par seconde une goutte d'eau posée sur un transducteur – plaque piézoélectrique qui émet des ultrasons en vibrant.

Publié il y a quelques mois, le résultat est surprenant. Telles des vagues qui se forment à la surface d'un lac quand on y jette une pierre, une onde se propage à la surface de la goutte soumise aux ultrasons, du centre vers le bord (voir photos pages précédentes). En 3 millisecondes, des irrégularités

se forment, telles des excroissances mouvantes. Quelques fractions de seconde plus tard, la goutte instable est atomisée.

Ces travaux ont permis de montrer que pour une fréquence donnée, l'atomisation fonctionne très bien au-dessus d'une taille limite de la goutte d'eau, mais que les plus petites résistent. Peu importe, les ultrasons ont la parade : lorsque ces petites gouttes se déplacent les unes vers les autres et fusionnent, la goutte résultante, plus grosse, explose presque instantanément. *“C'était vraiment joli et inattendu, s'exclame Saeed Moghaddam, chercheur à l'université de Floride qui a participé à l'étude. Je ne pense pas que quiconque avant ça ait déjà obtenu des preuves aussi concrètes du phénomène.”*

Et les dernières gouttelettes restées isolées ? Toujours soumises aux ultrasons, elles continuent de vibrer, chauffent, puis s'évaporent. Un résultat mis en évidence par caméra infrarouge. *“C'est la première fois que l'on associe aux images une mesure de la température par infrarouges”*, relève Saeed Moghaddam.

L'équipe, forte de ces résultats, fait ses premiers tests avec du linge humide. Mais l'effet



Vibrer pour sécher

Dans le tambour, sous l'effet du courant alternatif, des rondelles en matériau piezoélectrique émettent des ultrasons en vibrant.

des ultrasons s'avère moins efficace que prévu : atomisée à l'interface entre le linge et le piézoélectrique, l'eau restait bloquée entre les deux et retournait dans le tissu.

LE BON CONTACT

D'où l'idée d'utiliser un transducteur maillé, dont les trous laissent l'eau s'évacuer (voir infographie). *“Cela a été la clé, confie Saeed Moghaddam. Ce nouveau type de transducteur améliorait nettement l'efficacité du processus.”* L'énergie fournie pour se débarrasser d'une quantité d'eau supérieure à 20 % dans le textile est dix fois plus faible qu'avec un sèche-linge classique !

La première étape de séchage, qui éjecte le plus gros de l'humidité, est très efficace : *“C'est du gâteau pour le piézoélectrique”*, avoue Ayyoub Momen. En revanche, plus le tissu sèche, plus il est difficile d'extraire l'humidité



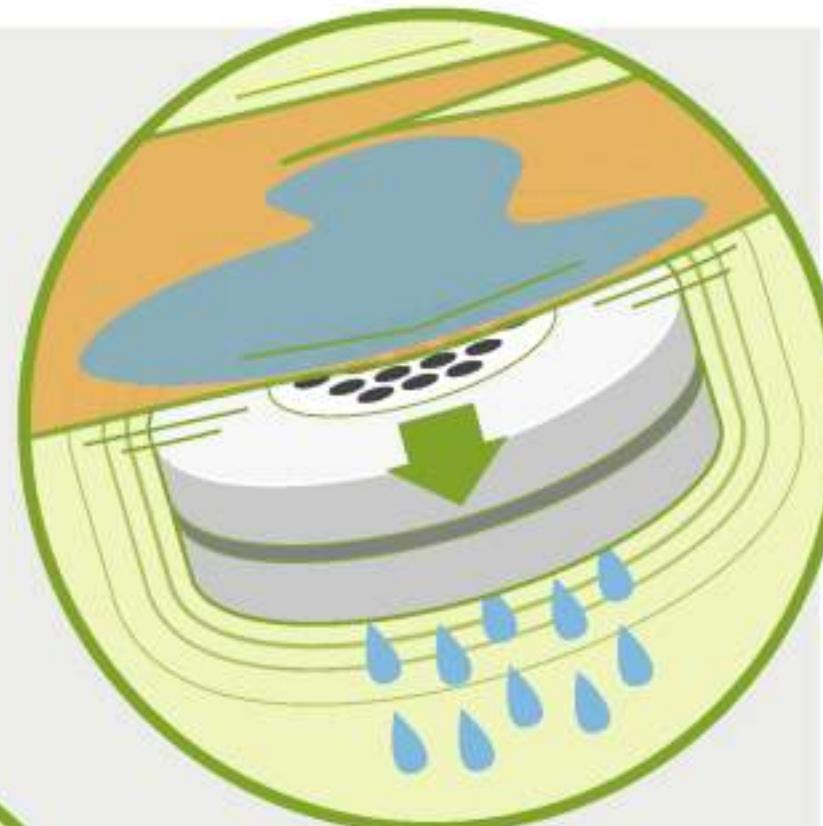
“

AYYOUB MOMEN

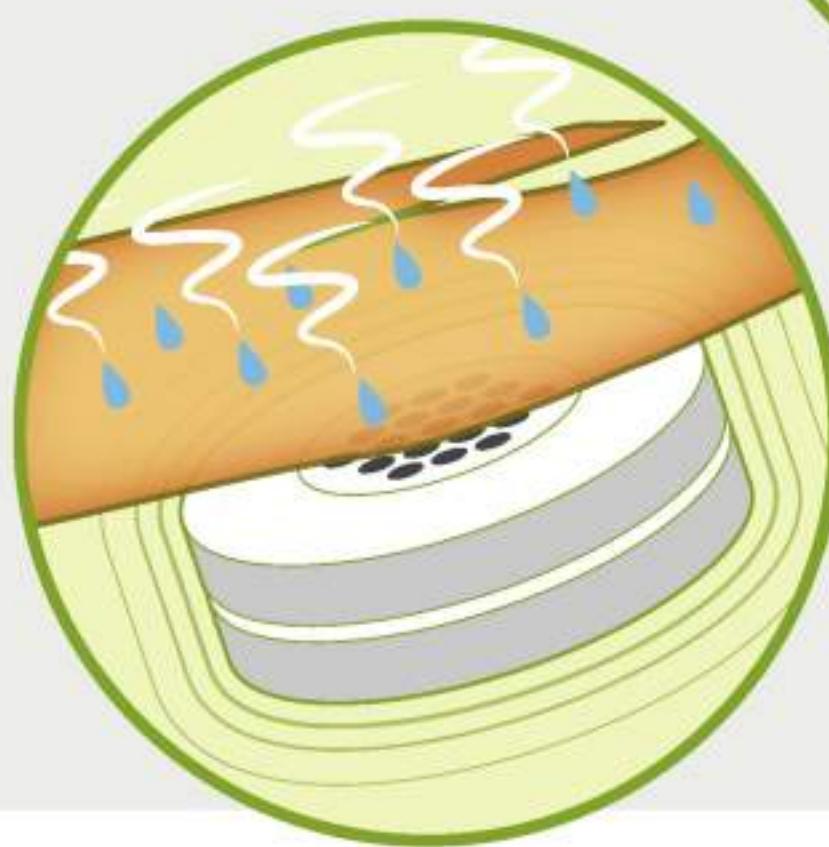
Chercheur au laboratoire national d'Oak Ridge, Tennessee

Notre but est maintenant de l'optimiser pour le lancer prochainement sur le marché

1. Soumises aux ultrasons, les plus grosses gouttes contenues dans le linge mouillé, plaqué contre le tambour, sont éjectées sous forme de fines gouttelettes. Elles sont évacuées par un morceau de métal percé au centre.



2. Trop petites pour être éjectées, les plus petites gouttes vibrent et s'échauffent, jusqu'à s'évaporer sous forme de vapeur d'eau.



restante. D'où une efficacité qui décline sur la fin.

En 2016, l'équipe construit un premier prototype sous forme de presse – le vêtement est placé sur une plaque longue de 1 m, large de 50 cm et couverte de transducteurs maillés. Puis, début 2017, un second a vu le jour, avec

un vrai tambour tapissé de transducteurs, qui tourne comme un sèche-linge classique. *“Notre but est maintenant de l’optimiser pour que notre partenaire puisse lancer un produit sur le marché dans les prochaines années”*, précise Ayyoub Momen. Combien d'années ? *“Peut-être*

“cinq...” Le temps de surmonter quelques défis.

Le séchage exige en effet un contact direct entre le textile humide et le transducteur. Est-ce bien possible dans ce sèche-linge à tambour, où les vêtements sont ballottés dans tous les sens au rythme des rotations ? *“C'est un sujet sur lequel nous travaillons, confie Ayyoub Momen. Je ne peux pas entrer dans le détail car c'est confidentiel, mais en jouant avec les vitesses de rotation, il est possible d'obtenir de bons contacts entre le vêtement et la paroi.”*

DES RISQUES À L'ÉTUDE

Et les vêtements ne risquent-ils pas d'être endommagés par ces cycles de sèche-linge ultrasonique ? *“On ne sait pas... Nous n'en sommes qu'aux étapes préliminaires. Beaucoup d'autres études devront encore être réalisées”*, reconnaît Saeed Moghaddam.

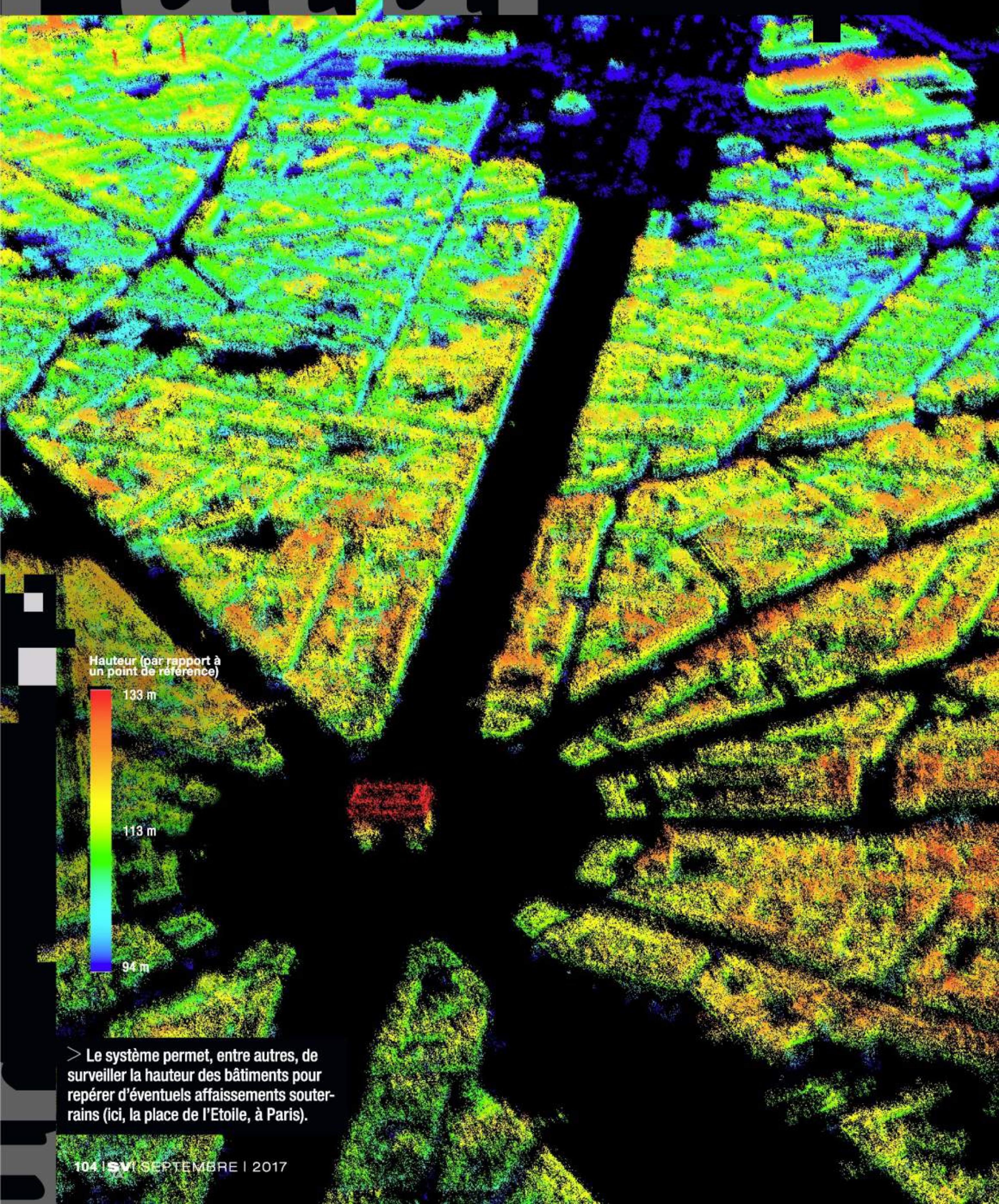
Et les effets des ultrasons ? Vincent Tournat, chercheur au laboratoire d'acoustique de l'université du Maine, nous rassure sur ce point : *“Il n'existe pas d'effet sur le corps humain. Les ultrasons qui se propagent dans l'air sont complètement réfléchis à l'interface avec le corps.”* De plus, les fréquences sont trop élevées pour être perçues par l'oreille humaine.

Est-ce vrai aussi pour les animaux de compagnie, connus pour être beaucoup plus sensibles à ces ultrasons ? Vincent Tournat affirme ne pas connaître d'animaux réceptifs à de telles fréquences, *“à part peut-être la chauve-souris...”*

Inaudible, rapide, économique, le sèche-linge semble avoir un avenir ultrasonique.



A voir : la vidéo de présentation du projet. A lire : la publication des chercheurs qui ont étudié le phénomène. **EN SAVOIR PLUS**
science-et-vie.com





Munich (Allemagne)

Des satellites promettent d'évaluer l'état des villes

Surveiller la ville et les déformations de ses bâtiments ou infrastructures depuis l'espace pour détecter leurs fragilités et éviter des accidents potentiels... Voici le projet imaginé par une équipe de chercheurs de l'université technique de Munich. Pour ce faire, ils ont développé un algorithme capable d'exploiter les images 2D d'un satellite allemand, TerraSAR-X, afin d'en tirer des modèles avec une densité de 3 millions de points par kilomètre carré. Un record! Le truc? Il y en a un: à chacun de ses passages, tous les 11 jours, le satellite occupe une position décalée d'environ 250 m. Ce qui offre différentes perspectives, que les chercheurs ont combinées pour créer

une image tridimensionnelle. Les images étant prises à différents moments, il est aussi possible d'estimer le changement au fil du temps – la quatrième dimension –, de l'ordre d'une fraction de la longueur d'onde du radar. Le modèle 4D révèle ainsi les changements les plus minimes, de l'ordre du millimètre, observés sur les bâtiments: par exemple, la dilatation thermique des immeubles en été ou les déformations résultant d'affaissements souterrains. Les chercheurs ont déjà modélisé Berlin, Las Vegas, Paris et Washington. A terme, ce procédé pourrait s'appliquer à n'importe quelle autre ville, petite ou grande. Il pourrait aussi simuler leur croissance. **E.T.-A.**



Paris

Des microalgues à l'assaut du CO₂

Dans le 14^e arrondissement de Paris, cette colonne n'indique pas les spectacles à l'affiche mais... vise à améliorer la qualité de l'air. Pour ce faire, elle contient 1 m³ de microalgues vertes, des micro-organismes photosynthétiques qui, en présence de lumière, utilisent le CO₂ ambiant pour se multiplier. Elle constitue ainsi un véritable puits de carbone, qui capterait autant de CO₂ que 100 arbres, selon le groupe Suez qui réalise le test depuis cet été. En parallèle, un autre dispositif est installé à Colombes dans une station d'épuration afin de traiter les fumées d'incinération. En plus, les microalgues produites par ces deux dispositifs sont une biomasse facilement transformable en biocarburants. Des systèmes décidément très ingénieux!

A.V.



États-Unis

Le concept d'avions-taxis est en train de prendre forme

Pour relier New York à Boston ou Houston à Dallas, peut-être pourrez-vous bientôt réserver, aussi facilement qu'un taxi ou un bus, un petit avion électrique en compagnie de 10 à 50 passagers pour une vingtaine d'euros. C'est en tout cas le souhait de la société américaine Zunum Aero. Partie du constat que 13 500 aéroports américains sont sous-exploités – 140 *hubs* aériens génèrent à eux seuls 97 % du trafic – et que le transport de masse va tripler d'ici à 2050, la société mise sur le concept de la mobilité à la demande en imaginant de petits avions électriques susceptibles d'atterrir sur tous les aéroports, avec des procédures d'enregistrement simplifiées. Zunum Aero projette le déploiement d'avions hybrides électriques dans un premier temps – les batteries n'étant pas encore assez performantes seules – pour des trajets d'environ 400 km pour 2020, puis 600 km pour 2030.

A.P.

Le TGV devrait bientôt gagner en autonomie

Faire circuler sur le réseau TGV des rames semi-automatisées, qui freinent et accélèrent sans intervention humaine... voilà ce sur quoi planche la SNCF à l'horizon 2022-2023. Pour y parvenir, la compagnie ferroviaire développe déjà avec Alstom et l'Institut de recherche technologique SystemX, un système de détection d'obstacles et de la signalisation bardés de capteurs : caméras, radars, lidars... Un conducteur restera cependant toujours à bord pour prendre la main en cas d'incident. L'expérience débutera par le fret en 2019, puis par le prolongement du RER E en 2022. Objectif annoncé de l'automatisation : augmenter les débits sur les lignes existantes en évitant des investissements trop onéreux (25 % de rames en plus entre Paris et Lyon comparé à aujourd'hui). **E.T.-A.**



SUEZ - ZUNUM AERO - DR

Idée neuve



“NETTOYER L'ESPACE AVEC UN CHAMP MAGNÉTIQUE”

Emilien Fabacher, spécialiste en ingénierie aérospatiale, Institut supérieur de l'aéronautique et de l'espace (Toulouse)

Alors que de plus en plus de satellites peuplent l'orbite terrestre, la question de savoir comment les désorbiter sans risque et à moindre coût est un enjeu crucial. Le scientifique Emilien Fabacher a pensé à un remorqueur magnétique. *“L'ESA avait présenté cette idée en 2012 à L'International Astronautical Congress, mais ce n'était alors qu'un concept dont personne ne s'était chargé d'étudier la faisabilité”*, raconte le chercheur. La plupart des satellites sont équipés d'electroaimants pour ajuster leur orientation par rapport au champ magnétique terrestre. L'idée serait donc de les attirer ou repousser avec un champ magnétique fort, émis par la bobine supraconductrice d'un satellite “chasseur”, placé à une dizaine de mètres de sa cible. Cela permettrait de les désorbiter ou de contrôler finement (à 10 cm près) leur position. La faisabilité du concept étant désormais validée, il reste à poursuivre ces travaux avant la possible mise en orbite d'un “chasseur”. **S.F.**



Paris

De nouveaux bitumes antibruit vont être testés

A Paris comme dans beaucoup de villes, une grande partie de la population est soumise à la pollution sonore, notamment due au trafic routier. Pour tenter d'y remédier, la capitale expérimentera en 2018 trois nouveaux revêtements dans certaines de ses rues. Il s'agira de bitumes innovants qui auront pour objectif principal de réduire le bruit généré par le contact entre les pneumatiques et l'enrobé. Ces futures chaussées devraient aussi être plus efficaces pour retenir l'eau à leur surface, ce qui permettrait de lutter contre les élévations très localisées de température qui apparaissent sur le bitume lors de journées chaudes.

S.D.

Biscarrosse

Un drone pour assister les sauveteurs en mer

Pour tenter de réduire le risque de noyade, une start-up française a mis au point Helper, un drone sauveteur en mer. Lorsqu'un incident survient, un opérateur indique en un clic la zone vers laquelle le drone doit s'envoler. Muni d'une caméra et d'un système de reconnaissance du terrain, celui-ci va faire parvenir rapidement à la victime une bouée autogonflante connectée, qui la met en contact avec un maître-nageur afin de la rassurer et surveiller son état de santé à l'aide d'une caméra thermique. Un test est en cours sur trois plages du Sud-Ouest de la France. S.D.

Séoul (Corée du Sud)

Un **terminal de ferries**, véritable îlot de verdure **flottant**, est à l'étude

Par sa forme hyperbolique alliant les courbes d'une raie manta avec une structure de bois en nids-d'abeilles, le projet de l'architecte Vincent Callebaut pour le nouveau terminal de ferries de la capitale sud-coréenne veut intégrer la nature à la jetée. Flottantes, ses digues s'adaptent aux courants et à la montée des eaux, favorisant la perméabilité du fleuve Han avec le parc alentour, où les saules atténuent l'îlot de chaleur urbain. En surplomb, le toit abrite un verger, une ferme urbaine et des éoliennes verticales. Le tout est 100 % autonome et renouvelable en énergie, mais cela ne reste pour l'instant qu'un concept à l'étude ! **F.G.**



VINCENT CALLEBAUT ARCHITECTURES - G. GOBET/AFP

Rendez-vous en...
2050

OBJECTIF : ZÉRO ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

La neutralité carbone a le vent en poupe. La France, tout comme la Commission européenne, a fixé pour année cible 2050 ; le Costa Rica souhaiterait y parvenir avant 2030 ; tandis que, plus localement, des villes comme Londres et Paris vont dans cette direction en favorisant les véhicules propres. Pour atteindre ces objectifs, la Suède, pays précurseur, pourrait bien leur servir de modèle. Elle vient de faire voter par son parlement l'échéance de 2045 et engage surtout des mesures concrètes dès le 1^{er} janvier 2018. Déjà, 83 % de son électricité provient du nucléaire et de l'énergie hydraulique. En 2020, 50 % de sa production d'énergie sera d'origine renouvelable. Pour atteindre zéro émissions de gaz à effet de serre, la Suède envisage de diminuer ses émissions domestiques de 85 % par rapport à son niveau de 1990. Elle va encourager l'utilisation de biocarburants et de véhicules électriques. Enfin, elle prévoit de compenser les émissions qu'elle ne pourra réduire en plantant des arbres et en investissant dans des projets écologiques à l'étranger. Un conseil de politique climatique va être créé pour veiller à la compatibilité entre la politique gouvernementale et les objectifs climatiques. **S.F.**

Tokyo

Projet d'une tour où les **logements** sont des **capsules amovibles**

Le concept de la Pod Vending Machine ne ressemble à rien de connu ! Tel un immense jeu de *Tétris*, ce gratte-ciel, imaginé par l'architecte malaisien Haseef Rafiei, est composé d'une grille dans laquelle s'emboîtent des appartements-capsules. Imprimés en 3D à son sommet (où un système d'alimentation hydraulique achemine les matières premières), ces logements glisseront à l'étage voulu, via des bras mécaniques, comme dans une sorte de distributeur géant. Les divers modules des capsules (chambre, salon, cuisine...) s'emboîtent, faisant évoluer l'habitat au gré des besoins, en un chantier perpétuel. D'ailleurs, si un appartement demeure inhabité un certain temps, il peut être démantelé et recyclé sur place. L'idée est de lutter contre l'abandon des logements et le gaspillage qu'il engendre. F.G.



HASEEF RAFIEI

LA SCIENCE & LA VIE

112

Calendrier vaccinal

L'obligation, un remède contre la méfiance ?



123

Technofolies

Un PC portable tout flexible



128

Questions/Réponses

Pourquoi les chiens lèvent-ils la patte pour uriner ?



Science & société

112

Science & vie pratique

120

Science & culture

126

Calendrier vaccinal

L'obligation, un remède contre la méfiance ?

Folie du hand spinner

D'où nous vient ce besoin de toujours occuper nos mains ?

Amiante Le crime parfait

Examens scolaires

L'anxiété des élèves n'influe pas toujours sur les résultats

Bon à savoir

Dix conseils pratiques en direct des publications scientifiques

Technofolies

Un PC portable tout flexible ; le vélo électrique pliable qui tient dans un sac à dos ; un coach à domicile pour le tri sélectif ; le tapis qui recharge les souris ; un traducteur de poche qui maîtrise 80 langues...

Questions/Réponses

Pourquoi les chiens lèvent-ils la patte pour uriner ? La Terre influence-t-elle le Soleil ? Pourquoi ça gratte ?...

A voir/A lire

Jamais seul, un ouvrage sur les microbes, par Marc-André Selosse

Il y a... 60 ans

Kychtym : le premier grand accident nucléaire

Calendrier vaccinal

L'obligation, un remède contre la méfiance ?

L'affaire est entendue. La ministre de la santé, Agnès Buzyn, l'a déclaré: dès 2018, la France passera de 3 vaccins obligatoires (poliomyélite, tétanos et diphthérie) à 11 (rougeole, oreillons, rubéole, infections à pneumocoque, à ménigocoques C, à Hib et enfin hépatite B). Il ne s'agit pas là de nouvelles injections: ces 8 vaccins sont déjà "recommandés" par les autorités sanitaires, et la grande majorité des enfants les reçoivent depuis des années, parfois même des décennies (voir pages suivantes).

LE RAPPEL DES FAITS

Le 4 juillet 2017, la ministre de la Santé annonce un texte de loi pour la fin de l'année qui passera le nombre de **vaccins obligatoires** de 3 à 11, soit 10 injections. Au moins 70 % des enfants les reçoivent déjà toutes; 80 % en reçoivent déjà au moins 8.

L'objet de cette décision n'est d'ailleurs pas de réévaluer le bien-fondé de ces vaccins. En France, la coexistence entre vaccins "obligatoires" et "recommandés" n'a jamais signifié que les non-obligatoires étaient moins indispensables que les autres.

Cette décision de la ministre vise en fait à rétablir la confiance des Français dans un acte qui, ici plus que n'importe où ailleurs, n'est plus si automatique (voir graphique ci-dessus).

Le grand tournant date de 2009/2010, lors de la campagne de vaccination contre la grippe pandémique. Largement promue par le gouvernement de l'époque, elle a été boudée par la population. L'incompréhension s'est installée. Des questions légitimes sur l'efficacité, les risques et l'intérêt de cette campagne se sont étendues à tous les vaccins.



Est-ce alors vraiment une bonne idée de remédier à la méfiance par l'obligation ? Le choix de la ministre peut se justifier d'un point de vue purement rationnel et sanitaire.

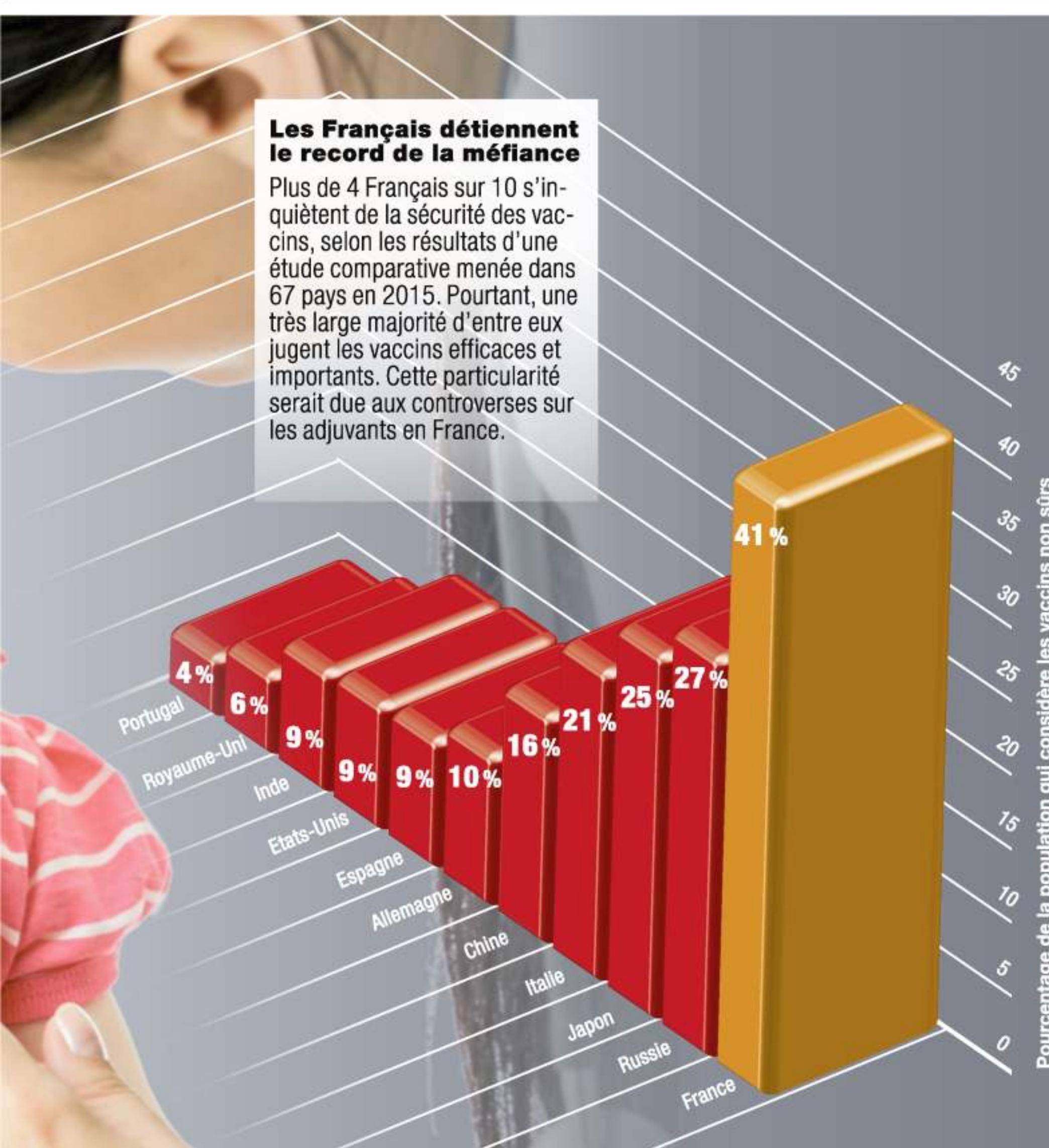
LONGTEMPS CONTROVERSÉE

Car c'est un fait scientifique établi: pour la plupart des vaccins concernés, la couverture vaccinale doit atteindre au moins 95 % de la population pour être parfaitement efficace.

Pourtant, le recours à l'obligation est un pari à haut risque, tant le besoin

d'informations objectives sur les vaccins ne saurait se satisfaire de cette seule décision.

"La version presque mythique de l'odyssée vaccinale a tendance à faire oublier les obstacles que cette méthode a dû affronter dès le début", explique Anne-Marie Moulin, médecin, philosophe et historienne des sciences. Si, pendant la première moitié du XX^e s. l'obligation était la pierre angulaire de la politique vaccinale en France, cela ne s'était pas fait sans heurts. Il aura fallu plus de vingt

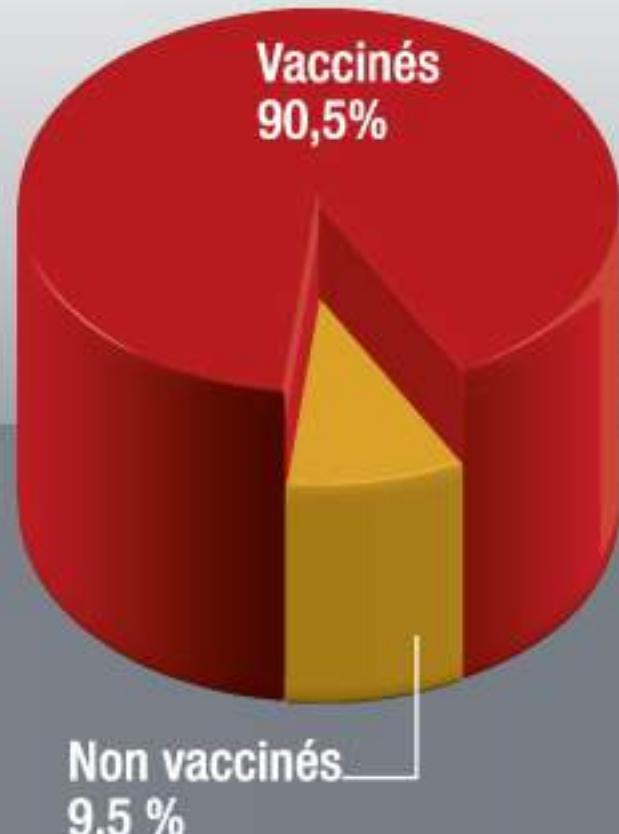


-5%

C'est la chute estimée des vaccinations des nourrissons de 9 mois, entre 2014 et 2015, selon Santé publique France.

Une couverture vaccinale incomplète

Le pourcentage de jeunes Français qui suivent le calendrier vaccinal est sous l'objectif de 95 % fixé par l'OMS.



SOURCE : VACCINE CONFIDENCE PROJECT 2015/SANTÉ PUBLIQUE FRANCE

ans d'après débats pour que la première loi sur l'obligation vaccinale soit finalement adoptée, en 1902. Et cette politique sanitaire va mettre des années à s'enraciner. La dernière obligation générale date de 1964 et concerne la poliomyélite. A l'époque, cette maladie gravissime fait des ravages et cela contribue à faire accepter la notion d'obligation à la population. Les vaccins sont alors perçus comme des accélérateurs de disparition d'un fléau.

Mais à mesure que le souvenir de grandes épi-

démies s'estompe, la peur des effets secondaires va grandir. A partir des années 1970, ce changement d'état d'esprit se traduit par la politique sanitaire de la recommandation vaccinale. *“La vaccination est en quelque sorte victime de*

son succès”, résume Anne-Marie Moulin.

Le retour à la case “obligation” semble être à rebours de l'histoire. Comme si la démocratie sanitaire, l'information et l'explication scientifiques n'étaient pas capables de rassurer et de

répondre à des questions légitimes sur les vaccins. Déjà, les “anti-vaccinaux” ont trouvé une occasion idéale d'alimenter les doutes. Les mois qui viennent seront décisifs pour l'avenir de la vaccination en France.

C.Tourbe avec L.Barnéoud →



ANNE-MARIE MOULIN
Médecin, philosophe et historienne des sciences

La version mythique de l'odyssée vaccinale fait oublier les obstacles qu'elle a dû affronter dès le début



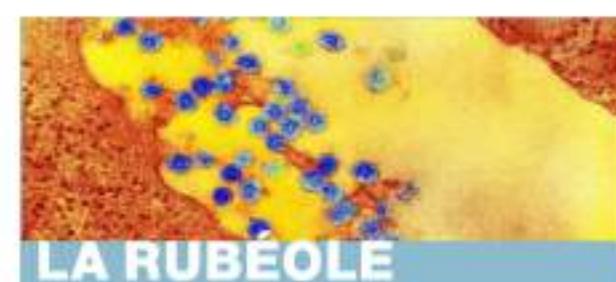
LE MÉNINGOCOQUE C

> C'est quoi ?

Cette bactérie se transmet principalement par la salive et touche plutôt les enfants et les adolescents. Les infections invasives sont rares mais redoutées, provoquant septicémies et méningites cérébro-spinales (13 % de mortalité et jusqu'à 30 % de séquelles neurologiques).

> Qu'y a-t-il dans le vaccin ?

Recommandé depuis 2010, le vaccin contre le seul méningocoque C contient des adjuvants, contrairement à celui qui combine une protection contre d'autres groupes de méningocoques.



LA RUBEOLE

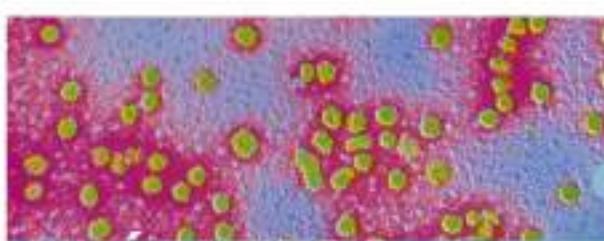
> C'est quoi ?

Chez l'adulte et l'enfant, ce virus provoque éruption cutanée et fièvre légère. Transmis par les pos-

tillons et l'éternuement, il représente surtout un danger pour le fœtus : en moyenne, 30 % des femmes qui ont la rubéole pendant leur grossesse donnent naissance à des enfants mal formés ou mort-nés.

> Qu'y a-t-il dans le vaccin ?

Le vaccin contre la rubéole, recommandé à tous depuis 1983, est toujours combiné avec les vaccins contre la rougeole et les oreillons (ROR). Aucun d'entre eux ne contient d'adjuvant.



L'HÉPATITE B

> C'est quoi ?

Le virus, transmis par voie sexuelle et par le sang, se multiplie dans le foie. Dans 90 % des cas, il disparaît spontanément, mais des complications graves existent : hépatite fulminante, cirrhose, cancer du foie.

> Qu'y a-t-il dans le vaccin ?

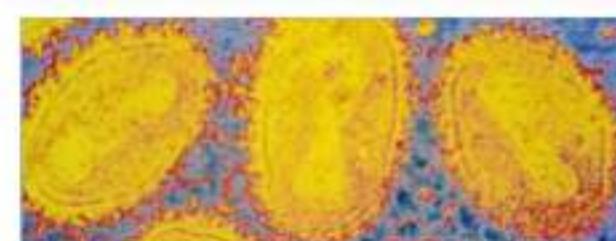
Recommandé depuis 1994, le vaccin est souvent combiné à d'autres vaccins pédiatriques. Il se présente aussi sous forme unique pour adultes et enfants. Il contient des adjuvants.



Poliomyélite

Dangerosité

Risque d'infection



LA COQUELUCHE

> C'est quoi ?

Très contagieuse, une infection par les bactéries de la coqueluche se ca-

• Tétanos

• Rubéole (pour le fœtus)

• Diphtérie

• Infection invasive à méningocoque C

• Infection invasive Hib

• Coqueluche (pour le nourrisson)

• Rougeole (hors épidémie)

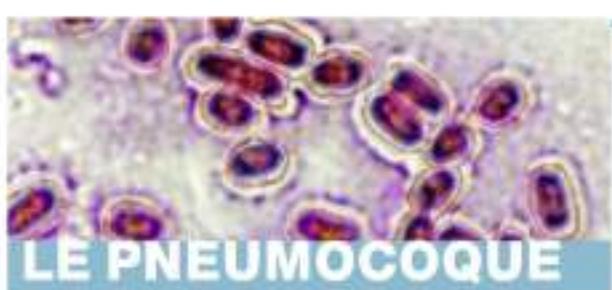
• Oreillons (hors épidémie)

SOURCE : LISE BARNÉOUD, SCIENCE & VIE HORS-SÉRIE

ractérise par des quintes de toux, mais peut passer inaperçue chez l'adulte. Potentiellement grave chez les plus jeunes, elle est mortelle dans 1 à 2 % des cas chez le nourrisson de moins de 6 mois.

> Qu'y a-t-il dans le vaccin ?

Systématiquement associé aux vaccins contre la diphtérie, le tétanos, la poliomyélite, l'hépatite B et l'*Haemophilus influenzae B*, le vaccin contient des adjuvants. Recom-



LE PNEUMOCOQUE

> C'est quoi ?

Dans les voies respiratoires, les pneumocoques causent pharyngites, otites ou sinusites, parfois pneumonies.

Très rarement, ces bactéries peuvent passer dans le sang et entraîner des méningites ou des septicémies (8 % de mortalité, 30 % de séquelles).

> Qu'y a-t-il dans le vaccin ?

Recommandé depuis 2003, le vaccin principal englobe

aujourd'hui les 13 souches de pneumocoques les plus fréquentes parmi les 94 recensées. Ce vaccin contient des adjuvants. Un autre a été commercialisé, qui comporte 23 souches, mais sa formulation est moins efficace.



LES OREILLONS

> C'est quoi ?

L'infection par ce virus génère une inflammation des glandes salivaires. Transmise par les gouttelettes de salive, la maladie est bénigne chez l'enfant. Des complications existent chez les garçons pubères (inflammation des testicules, altération de la fertilité).

> Qu'y a-t-il dans le vaccin ?

Recommandé depuis 1986, le vaccin contre les oreillons est toujours, sous ses deux formes commercialisées, associé à ceux contre la rougeole et la rubéole (ROR). Ils sont sans adjuvant. L'efficacité de ce vaccin n'est pas aussi durable que celle des autres : malgré le vaccin à 1 an, 14 % des Français de 10 à 29 ans ne possèderaient plus assez d'anticorps contre le virus.



L'HAEMOPHILUS INFLUENZAE B (HIB)

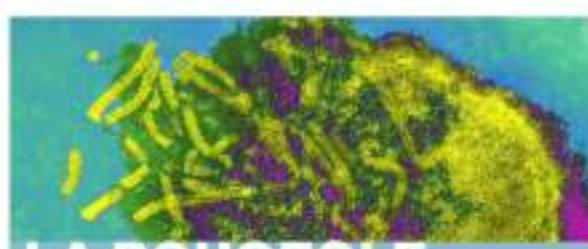
> C'est quoi ?

Les infections à *Haemophilus influenzae* de type B (Hib) touchent les voies respiratoires et sont graves si elles deviennent invasives (méningites, septicémies). Environ 3 % des infections chez l'enfant sont mortelles en France et jusqu'à 20 % des survivants gardent des séquelles. Ces bactéries se transmettent par la salive

ou les objets souillés. Hib est la souche la plus virulente parmi les 200 que compte l'espèce bactérienne. En France, on déplore 1 à 2 décès par an qui lui sont dus, contre une trentaine dans les années 1980 (pour 600 cas de méningites environ).

> Qu'y a-t-il dans le vaccin ?

Recommandé depuis 1992, le vaccin est disponible seul ou combiné avec quatre (diphthérie, tétanos, poliomyélite, coqueluche) ou cinq autres (hépatite B en plus). Il contient des adjuvants.



> C'est quoi ?

Connue pour son éruption cutanée, la rougeole est extrêmement contagieuse : un malade peut contaminer 18 autres personnes. Elle est due à un virus capable de survivre pendant des heures dans l'air ou sur des surfaces contaminées. Généralement bénigne, cette maladie est à l'origine de complications graves (encéphalite dans 0,1 à 0,3 % des cas).

Entre 2008 et 2011, une épidémie a provoqué plus de 43 000 cas dans notre pays, dont 1 500 complications graves et 10 morts. Les plus touchés étaient les départements au taux de vaccination plus faible.

> Qu'y a-t-il dans le vaccin ?

Le vaccin contre la rougeole est recommandé depuis 1983. Il en existe aujourd'hui trois sur le marché qui contiennent le virus sous forme atténuée, dont deux sont associés aux virus de la rubéole et des oreillons (ROR). Aucun n'a d'adjuvants.

mandé dès la fin des années 1950, une version mieux tolérée existe depuis la fin des années 1990. Mais ce progrès sur la sécurité a des inconvénients : une protection moins bonne et plus courte qu'avant.

LES 3 VACCINS DÉJÀ OBLIGATOIRES

LA DIPHTÉRIE

> C'est quoi ?

L'infection par la bactérie provoque des détresses respiratoires et des paralysies parfois mortelles. La transmission se fait par les postillons et les blessures.

> Qu'y a-t-il dans le vaccin ?

Obligatoire depuis 1938 en France, ce vaccin est généralement associé à d'autres et contient des adjuvants.

LE TÉTANOS

> C'est quoi ?

La maladie entraîne des contractures et des convulsions (25 % de cas mortels). La bactérie s'introduit dans le corps par les plaies.

> Qu'y a-t-il dans le vaccin ?

Obligatoire depuis 1938, le vaccin est vendu sous une dizaine de formes, souvent associé à d'autres et contient des adjuvants.

LA POLIOMYÉLITE

> C'est quoi ?

La maladie envahit le système nerveux (paralysies dans 1 cas sur 100). Le virus se transmet par contact ou ingestion d'eau et d'aliments contaminés.

> Qu'y a-t-il dans le vaccin ?

La vaccination, obligatoire depuis 1964, est généralement associée à d'autres et contient des adjuvants.

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

Folie du hand spinner

D'où nous vient ce besoin de toujours occuper nos mains ?

Hand spinner, yoyo, Rubik's Cube, voire simple stylo que l'on fait tourner machinalement ou trombone que l'on tripote inconsciemment... le besoin de manipuler en permanence des objets semble profondément ancré en nous. Et plusieurs hypothèses sont avancées pour expliquer ce besoin d'occuper ses mains.

Mike Karlesky, chercheur en information à l'université de New York

LE RAPPEL DES FAITS

Depuis quelques mois, le hand spinner, toupie à trois branches que l'on fait tourner entre ses doigts, connaît un grand succès, consacré par *Forbes* "jouet de l'année 2017". Par le passé, c'est le yoyo qui a accaparé plusieurs générations.

(Etats-Unis) défend l'idée d'une amélioration de notre concentration, et même de notre créativité par ce biais. Il s'appuie sur des études qui ont montré que prendre des notes à la main au lieu de les taper sur ordinateur augmente les capacités de mémorisation (sachant que la première technique implique une action musculaire et sensorielle de la main plus importante). Et postule que les mouvements effectués par nos mains pendant une tâche donnée peuvent influer directement sur le raisonnement et la régulation du stress, renforçant ainsi les processus cognitifs...

A l'université Toulouse II, Céline Lemercier, chercheuse en psychologie cognitive, estime également que triturer des objets peut diminuer notre anxiété et



favoriser nos performances intellectuelles. Mais via d'autres mécanismes.

PENSÉE INCONSCIENTE

"Se concentrer sur un objet qui tourne comme un hand spinner ou un stylo – en excluant donc les situations où l'on manipule ces objets en parallèle d'une autre tâche – peut nous aider à nous focaliser sur le présent et ainsi nous déstresser. Un peu comme le fait la technique de méditation dite de pleine conscience,

qui vise aussi à se concentrer sur le maintenant et le ici", explique la chercheuse. De fait, plusieurs études ont montré que la méditation de pleine conscience diminue significativement l'anxiété et le stress.

Cela a-t-il vraiment des conséquences sur nos performances intellectuelles ? *"C'est tout à fait possible si la manipulation de l'objet permet de se déconnecter quelques minutes de la tâche en cours", répond Céline Lemercier. Des travaux, comme ceux de l'équipe néerlandaise d'Ap Dijksterhuis, ont montré que se distraire pendant quelques minutes avant de*

SHUTTERSTOCK - DR - S. AQUINDO

EN CHIFFRES

200 000 000

C'est la somme, en euros, que le Luxembourg prévoit d'investir dans l'exploitation minière des astéroïdes. La société Planetary Resources a déjà reçu 25 millions d'euros pour une mission de prospection sur un astéroïde "fin 2020-début 2021". F.V.

34,6 %

C'est la part de seniors que comptera la Corse en 2050 (20,9 % en 2013), d'après l'Insee. Soit le vieillissement record en France métropolitaine. En cause : l'attractivité de la région. DOM-TOM et Bretagne vieilliront vite aussi, du fait de l'exode des plus jeunes. L.D.

prendre une décision complexe permet de faire de meilleurs choix. Lors de la distraction, on continuerait à traiter de façon inconsciente les informations relatives aux problèmes traités ; et lorsqu'un grand nombre de données doivent être pesées, cette forme de "pensée inconsciente" serait plus efficace que la réflexion consciente.



CÉLINE
LEMERCIER

Chercheuse
à l'université
Toulouse II en
psychologie
cognitive

Se concentrer sur un objet qui tourne peut nous aider à nous focaliser sur le présent et ainsi nous déstresser

De son côté, André Tricot, psychologue au laboratoire Travail et cognition du CNRS à Toulouse, est persuadé de l'effet placebo : *"Le seul fait d'être convaincu que jouer avec un gadget déstressse et accroît la concentration pourrait induire cet effet-là."* Les preuves d'un effet placebo ne sont plus à faire, en particulier dans le domaine des médicaments – des travaux américains de 2015 ont par exemple démontré que les patients qui pensaient prendre un antidépresseur se portaient mieux, alors que le produit qu'ils ingéraient ne contenait pas de principe actif !

Précision intéressante : l'envie de manœuvrer un objet pendant le travail surviendrait surtout quand... ce travail ne mobilise pas toute notre attention ! C'est ce que suggère une étude réalisée dans le laboratoire d'André Tricot.

Mais ne nous y trompons pas, bien qu'il s'appuie sur notre plaisir de la manipulation, tous les experts interrogés sont d'accord sur un point : le hand spinner doit son succès à la mode bien plus qu'à ses possibles bienfaits sur notre cognition. **Kheira Bettayeb**

16,3 %

C'est le pourcentage de personnes ne sachant pas nager en France métropolitaine (Baromètre santé 2016). Une incapacité plus souvent déclarée par les femmes ; et en grande partie responsable des 500 décès par noyade chaque été. **X.B.**



ON TENAIT À VOUS DIRE



Amiante : le crime parfait

Prenez un matériau aux propriétés excellentes, bon marché, mais qui se révèle à terme mortel pour les ouvriers qui travaillent à son contact. Faites comme si de rien n'était... Et la justice française n'y verra que du feu ! Voilà comment pourrait se résumer la catastrophe sanitaire de l'amiante : un crime parfait.

Fin juin, le parquet de Paris demandait en effet l'arrêt des investigations dans une vingtaine d'enquêtes concernant des industriels comme Eternit, Valeo ou Saint-Gobain. Il n'y aura vraisemblablement pas de procès pénal. Motif de cette décision accablante ? Le diagnostic d'une pathologie liée à l'inhalation de fibres d'amiante – cancer de la plèvre ou des poumons – ne permet pas de dater précisément la contamination ; le temps de latence de ces maladies varie entre vingt et quarante ans. N'importe quel scientifique vous dira qu'il s'agit là d'un faux débat : toute exposition à l'amiante induit un important sur-risque de développer une maladie mortelle. *"A la roulette russe, le coup fatal n'est pas plus dangereux que les essais précédents"*, nous souffle un chercheur de l'Institut de veille sanitaire. Au passage, de 68 000 à 100 000 nouveaux décès liés aux fibres d'amiante sont attendus d'ici à 2050. Mais voilà : les magistrats français semblent incapables, pour l'heure, de réunir des charges aussi convaincantes que pour un bon vieil empoisonnement au cyanure versé dans une tasse de thé ou la transfusion d'une poche de sang contaminé au VIH.

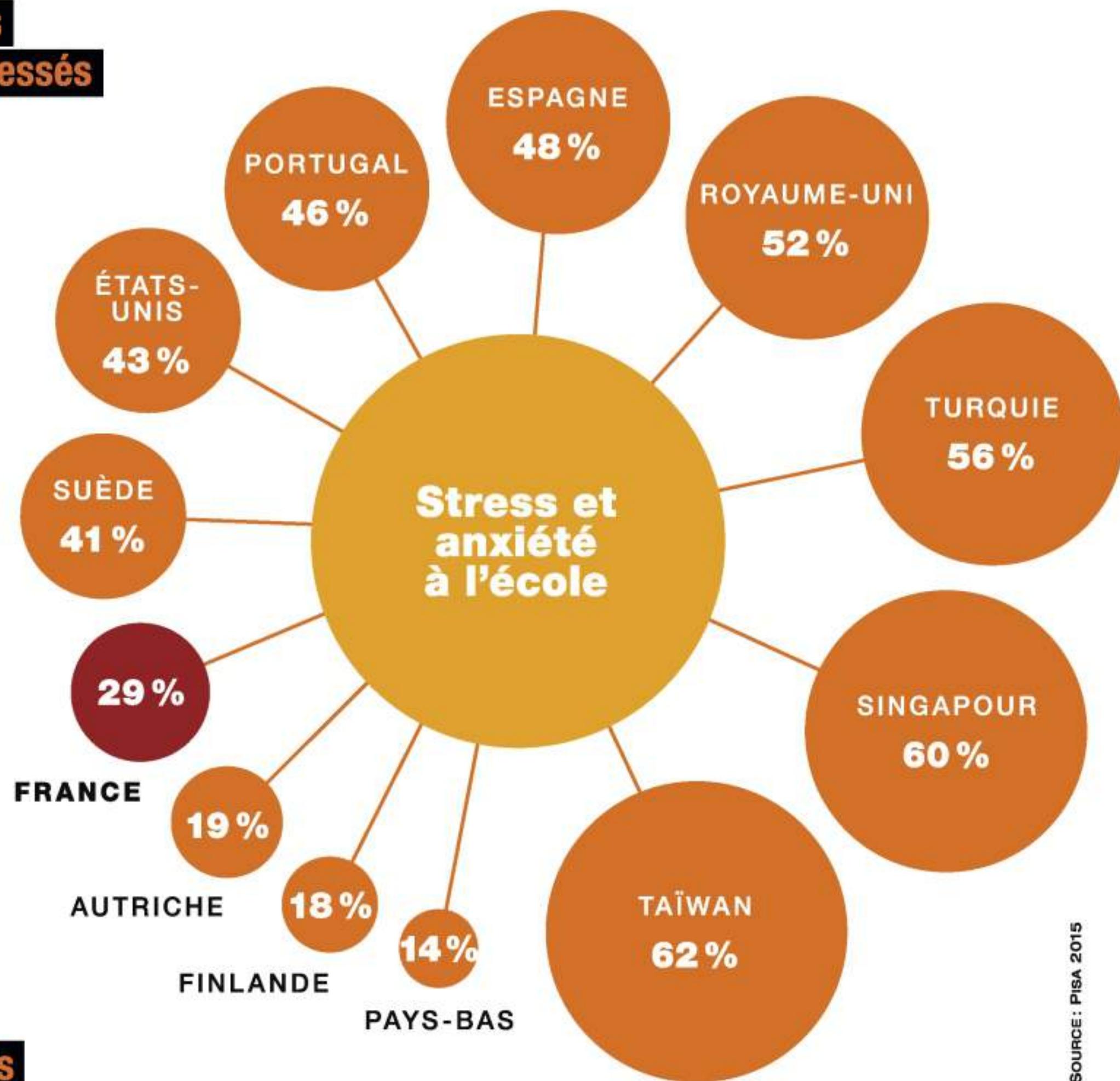
Les prochaines semaines s'annoncent décisives, avec l'intervention des avocats des victimes et des décisions à venir pour le cas de l'université de Jussieu. Et ce qui se joue dépasse, évidemment, le seul cas de l'amiante. Pesticides, particules fines et autres perturbateurs endocriniens fomentent eux aussi leur crime parfait. **Vincent Nouyrigat**

Examens scolaires

L'anxiété des élèves n'influe pas toujours sur les résultats

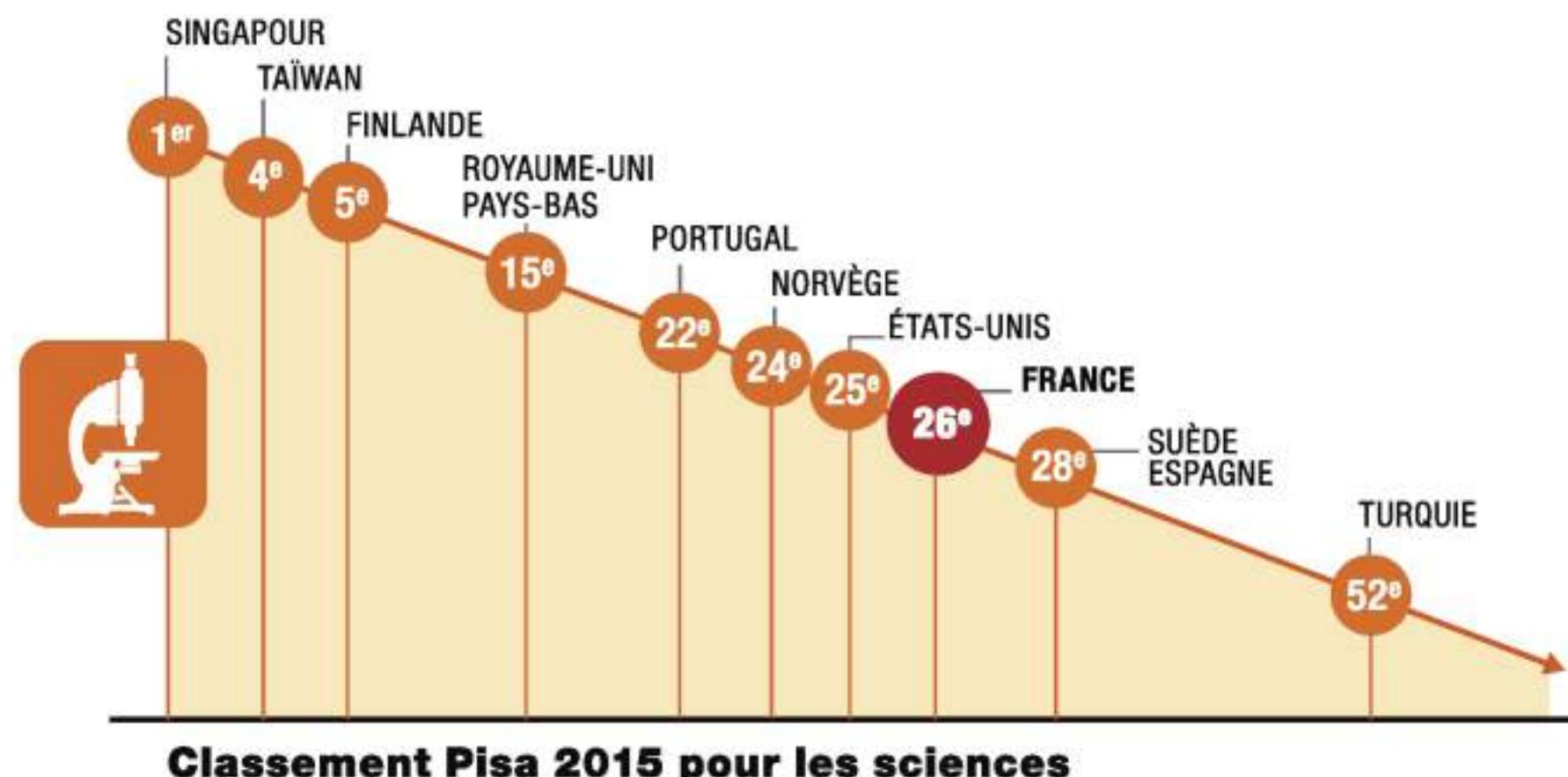
Les jeunes Français ne sont pas très stressés

Pour la première fois, le stress et l'anxiété ressentis par les adolescents de 15 ans ont été pris en compte dans l'enquête Pisa, qui évalue tous les trois ans le niveau scolaire dans 72 pays. En moyenne, dans les pays de l'OCDE, 55 % des élèves se disent très angoissés par les examens. Les Français se situent bien en dessous, avec 29 %. Le record est détenu par Taïwan, avec 62 %. Les élèves les plus détendus sont les Néerlandais. Le rapport souligne que l'anxiété nuit globalement aux résultats.



Pourtant leurs notes sont à la traîne

En sciences et en mathématiques, la France se situe tout juste dans la moyenne de l'OCDE et se place au 26^e rang de l'étude Pisa. Or, avec le niveau de stress plutôt bas des élèves français, l'argument de l'anxiété scolaire – contrairement à ce qu'on pensait – ne vaut pas. D'autres facteurs sont donc à l'œuvre pour expliquer ce score. Dans notre pays, c'est l'inégalité sociale qui pèse le plus lourd.



SOURCE : PISA 2015

B. BOURGEOIS

$$x_{t+1} = kx_t(1-x_t)$$

Spécial **rentrée !**

Abonnez-vous à SCIENCE&VIE



$$F - E + V = 2$$

6 HS
par an

1 n°
par mois



Sans engagement

4 €15

par mois seulement
au lieu de 7,33€

1 numéro par mois
+ 6 hors-séries par an

Les avantages du prélèvement

✓ Gagnez en sérénité ✓ Réglez en douceur ✓ Stoppez quand vous voulez

BULLETIN D'ABONNEMENT à retourner sous enveloppe affranchie à : Service abonnements Science&Vie - CS 90125 - 27091 Evreux Cedex 9



Abonnez-vous sur
KiosqueMag.com

SV 1200

1 - Je choisis mon offre d'abonnement :

»» La meilleure offre : **-43%**

L'offre Sérénité : 4,15€ par mois au lieu de 7,33€* sans engagement de durée.

Je reçois chaque mois mon magazine et 6 hors-séries par an. 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.

930883

Je préfère régler maintenant les **12 numéros + 6 hors-séries** de Science&Vie pour 53,90€ au lieu de 87,90€. **-38 %** 930891

Je peux acquérir les 12 numéros de Science&Vie pour 37,90€ au lieu de 54€. **-29 %** 930909

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. Créditeur : 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 :

*Prix de vente en kiosque. Offre valable en France métropolitaine jusqu'au 30/11/2017. 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 Éditions 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 :

Dater et signer obligatoirement :

À : _____

Date :

Signature :

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

LES PIÉTONS AUSSI SOMNOLENT

La prise de médicaments par des piétons augmente le risque d'avoir un accident de circulation de 12 à 200 %, c'est ce que montre une étude réalisée à Bordeaux sur près de 16 500 piétons. Parmi les médicaments les plus à risque: les benzodiazépines, les antihistaminiques et les anti-inflammatoires.

"Inserm", juillet 2017



TROP D'IMAGES NUIT À L'APPRENTISSAGE DES MOTS

Des chercheuses britanniques ont lu 3 histoires contenant 2 nouveaux mots à 2 groupes d'enfants. Celui soumis à plus d'une seule illustration par double page échouait à les intégrer sauf si on reliait l'image au texte lu. "Infant and Child Development", juin 2017

LES ADOS DOIVENT SOIGNER LEURS OS

Le renforcement osseux ne se termine pas avec la croissance. Une étude américaine a montré que le squelette grandit avant d'avoir absorbé sa dose complète de calcium et de phosphore. Donc ne pas négliger sport et alimentation saine, même après la croissance. "Jama Pediatrics", juillet 2017

FRÉQUENTER DE BONS ÉLÈVES N'EST PAS UN GAGE DE RÉUSSITE SCOLAIRE

Rien ne sert de pousser son enfant à fréquenter les meilleurs élèves de leur classe, cela n'améliorera pas ses notes. Par contre fréquenter trop de cancrels nuira un peu à ses résultats. Des sociologues américains ont suivi pendant huit ans 90 200 élèves de 12 à 18 ans dans 142 écoles américaines. Conclusion: fraterniser avec de bons élèves n'est pas associé à un score individuel plus élevé. Mais le risque de faire chuter sa moyenne augmente de 13 % à chaque élève de moins bon niveau ajouté à son réseau. "The Social Science J.", juillet 2017

LES FRANÇAIS MANGENT TOUJOURS TROP DE SEL ET PAS ASSEZ DE FIBRES

Une analyse de l'alimentation des Français, menée par l'Agence nationale de sécurité sanitaire sur plus de 4 000 personnes de 0 à 79 ans, montre que les hommes absorbent tous les jours 9 grammes de sel, et les femmes 7, alors que le Programme national nutrition santé fixe ces quantités à 8 et 6,5 grammes. En cause, la consommation excessive de pains, pizzas, sandwichs, sauces, soupes et charcuteries. Autre constat: la quantité d'aliments transformés est en hausse par rapport à une étude réalisée il y a dix ans. A l'inverse, avec seulement 20 grammes/jour au lieu des 30 recommandés, les Français ne mangent toujours pas assez de fibres alimentaires. "Anses", juillet 2017





L'ACTIVITÉ PHYSIQUE NE PRÉVIENT PAS LA MALADIE D'ALZHEIMER

Contrairement à ce que les études scientifiques suggéraient jusqu'ici, pratiquer un sport ou une activité physique régulière n'empêche pas de développer une démence dans ses vieux jours. Cette conclusion ressort d'une longue étude : des chercheurs ont suivi, pendant 27 ans, plus de 10000 Londiniens qui étaient âgés de 35 à 55 ans au début de l'étude, en 1985. Les résultats montrent que la maladie d'Alzheimer est tout aussi fréquente chez les sédentaires que chez les sportifs, ce que corroborent d'autres recherches récemment publiées. En revanche, chez les patients ayant développé une démence, les chercheurs ont observé une baisse de l'activité physique dans la décennie précédant le diagnostic. Selon les chercheurs, celle-ci fait partie des signes avant-coureurs de la maladie. "British Medical Journal", juin 2017

LE STÉTHOSCOPE EST BIEN UN NID À MICROBES

Il passe de votre torse à celui d'un autre patient sans plus d'égard. La pratique des médecins américains a été observée sur 170 consultations. S'ils se lavent les mains dans 60 % des cas, le stéthoscope n'est jamais nettoyé. "Am. J. of Infection Control", juillet 2017

VOIR SES POUMONS INCITE PLUS À STOPPER LE TABAC

La motivation de 4000 fumeurs britanniques a été comparée selon qu'ils avaient passé un scanner des poumons ou eu une visite sans radio. Deux semaines plus tard, 10 % des premiers avaient arrêté la cigarette contre 5 % des autres. "Thorax", juillet 2017

RÈGLES ET PERFORMANCES COGNITIVES SONT SANS LIEN

Des chercheurs suisses et allemands ont mis à mal l'idée selon laquelle les performances cognitives des femmes diminuent durant leurs règles. Leurs tests de mémorisation et d'attention ont été réalisés à quatre moments différents du cycle. "Frontiers in Behav. Neuroscience", juillet 2017

ÊTRE GÉNÉREUX REND LE CERVEAU HEUREUX

Pour se faire plaisir, rien de tel que de se faire un cadeau ? Pourtant, selon une étude américano-suisse, donner procure plus de bonheur encore ! Le cerveau de 50 participants a été scruté par IRM, pendant qu'une moitié d'entre eux promettait de dépenser une somme d'argent pour une personne, et l'autre moitié pour soi-même. Surprise : l'engagement altruiste faisait grimper davantage le niveau subjectif de bonheur. Il poussait aussi à des choix plus généreux. La générosité ferait interagir deux circuits cérébraux, le carrefour temporo-pariéctal et le striatum, déclenchant une sensation durable de bonheur. "Nature" et "The Social Science Journal", juillet 2017



Le vélo électrique pliable qui tient dans un sac à dos

Dépourvu de pédales et propulsé par un moteur électrique de 240 W, le Smacircle S1 est une synthèse entre un vélo, une draisienne et une trottinette. Il emprunte au premier sa selle, son guidon et la position adoptée, et à la trottinette sa compacité et son poids plume. Ce deux-roues permet de se déplacer jusqu'à 20 km/h, et sa batterie de 209 Wh offre une autonomie pouvant atteindre 20 km.

Grâce à l'emploi de fibre de carbone pour sa structure, cet engin électrique dédié à la mobilité urbaine ne pèse que 7 kg. Las ! le tarif s'en ressent puisqu'il est supérieur à celui d'une trottinette électrique.

Mais le Smacircle S1 a un atout maître : une fois le pliage en cinq étapes effectué, il n'affiche plus que 49 cm de hauteur sur 29 cm de largeur et 19 cm d'épaisseur : il tient ainsi dans un (gros) sac à dos,

ce qui facilite les déplacements intermodaux. Il est par ailleurs complété par une application pour smartphone (iOS et Android), qui permet de (dé)verrouiller le Smacircle S1, d'afficher la vitesse et la charge de la batterie. Un port USB intégré permet même de charger son téléphone en roulant. **B.P.**

Prix : env. 1 500 €
Rens. : www.smacircle.com



Ce traducteur de poche maîtrise 80 langues

Ce petit boîtier qui tient dans la main peut traduire dans les 80 langues les plus courantes quand il est connecté en 3G ou wi-fi, et en 20 langues quand il est hors ligne. Travis, de l'entreprise néerlandaise éponyme, combine plusieurs moteurs de traduction (dont celui de Google). Son micro détecte les deux langues d'une conversation orale, et la traduction d'une phrase réclame moins de 2 secondes grâce à un processeur à quatre cœurs. Un petit écran couleur et un haut-parleur sont intégrés au boîtier. La batterie assure jusqu'à 12 heures de traduction. **B.P.**

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





LE COIN DES PROTOTYPES

Un PC portable tout flexible

Un ordinateur portable entièrement flexible, de l'écran jusqu'au clavier... Voici ce que pourrait être l'avenir de l'informatique portable grand public, selon le constructeur chinois Lenovo. Pour le reste, pas ou peu de détails sur ses caractéristiques. Tout juste sait-on qu'il devrait pouvoir se commander à la voix ou par un stylet. L'an passé déjà, Lenovo avait révélé à San Francisco un concept de smartphone pouvant s'enrouler autour du poignet, à la manière d'un bracelet. Samsung, Apple, LG... Ces derniers temps, la plupart des fabricants communiquent sur des smartphones, tablettes et ordinateurs dotés d'écrans souples à base d'OLED, sans qu'aucun n'ait abouti à un modèle commercial. Pour l'instant.

E.T.-A.



Rens. : www3.lenovo.com/fr/fr

Un coach à domicile pour le tri sélectif

Entre les règles qui changent d'une ville à l'autre et les multitudes de types d'emballages, il est parfois difficile de trier ses déchets sans se tromper. L'opération sera désormais facilitée par Eugène, un lecteur de codes-barres qui indique le bac approprié selon les normes municipales en vigueur.

Créé par Uzer, une start-up française, ce système devait initialement être intégré à une poubelle, mais il s'est transformé en simple boîtier auto-

nome afin de pouvoir s'adapter à toutes les cuisines. L'application mobile qui lui est dédiée comprend même une fonction qui suggère une liste de courses selon ce que vous jetez. Malin ! A.V.

Prix : env. 100 €
Rens. : www.uzer.eu/eugene-by-uzer

> Eugène scanne les emballages et indique s'ils sont à recycler.



Des lunettes qui peuvent filmer

Sorties en 2016, les lunettes connectées de Snapchat débarquent en Europe. Équipées de deux caméras miniaturisées, les Spectacles sont bien moins coûteuses que les célèbres Google Glass... mais surtout moins évoluées. Leur utilisation se résume principalement à filmer de courtes vidéos ne dépassant pas 10 s en appuyant sur un bouton placé sur la branche. Ces enregistrements (en 1080 x 1080 pixels)

peuvent ensuite être importés dans l'application Snapchat avec un smartphone en Bluetooth. L'angle de capture des caméras reproduit exactement le champ de vision de l'œil humain. Enfin, des petites LED, autour des objectifs, s'allument lorsque l'enregistrement est en cours, pour avertir les personnes filmées. L'autonomie annoncée est d'une centaine de vidéos. S.D.

Prix: env. 150 €
Rens.: <https://www.spectacles.com/fr>



La coque-batterie la plus fine au monde

Une coque-batterie de 12 mm d'épaisseur, soit 4,9 mm de plus que l'iPhone seul, pour seulement 70 g... Soit "la plus fine et la plus légère du monde", revendique Brian Bergel, jeune étudiant-entrepreneur niçois. Fitcaze, c'est son nom, se distingue surtout par

son design. Ses 2000 mAh fournissent jusqu'à 80 % d'autonomie complémentaire, soit autant que la coque-batterie Apple, tout en étant 30 % plus légère, 20 % plus fine et presque 40 % moins chère. Recharger téléphone et coque se fait soit par le câble d'alimentation, soit par induction, sur une base fournie en option, livrée avec un support pour la voiture (65 €). Seul défaut: cette coque n'est pour l'instant compatible qu'avec les iPhone 6, 6s et 7. E.T.-A.

Prix: 75 €
Rens.: <http://fr.fitcaze.co>



Une moto électrique pour aller partout

Une moto électrique légère (98 kg), accessible avec un simple permis A1, aussi à l'aise en ville qu'à la campagne: c'est ce que promet Electric Motion, son fabricant. L'Etrek entend égaler en prix un engin thermique de 125 cc, avec l'avantage d'un bonus écologique de 670 €. Son poids plume, couplé à un petit bloc de 6 kW alimenté par une batterie lithium polymère de 2,7 kWh, lui offre une maniabilité exceptionnelle. Autonomie annoncée: 73 km à allure normale.

Vitesse de pointe: 85 km/h.

Dernier atout:

le silence!

E.T.-A.

Prix: env. 8 500 €
Rens.: www.electric-motion.fr



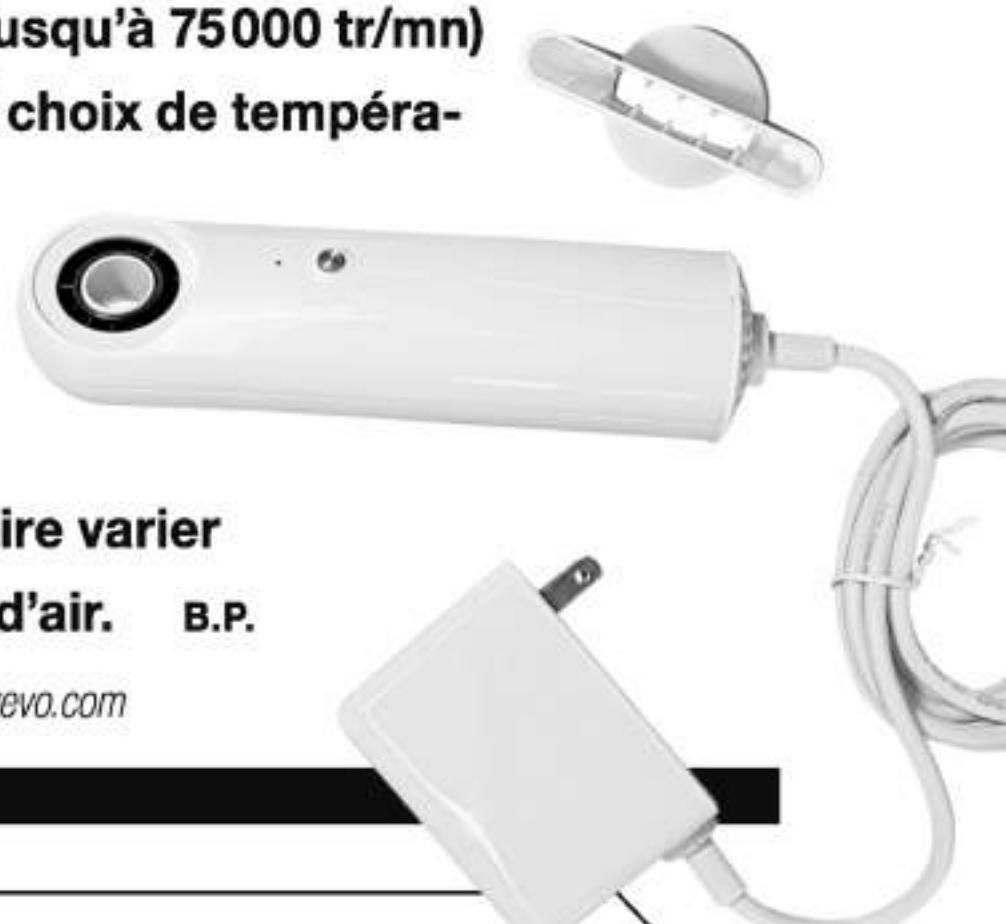
✓ Les deux caméras restituent exactement le champ de vision des yeux.



Le sèche-cheveux vraiment de poche

Un sèche-cheveux portable, puissant, mais qui n'abîme pas les cheveux: tel était le cahier des charges de Sylph, développé par la jeune entreprise chinoise WizEvo. Léger (150 g) et assez compact (17 cm de longueur sur 4,6 de largeur) pour se glisser dans un sac, Sylph est toutefois puissant (son moteur tourne jusqu'à 75000 tr/mn) et polyvalent, avec 5 choix de température, contrôlée en continu pour éviter d'abîmer les cheveux. Un curseur manuel permet de faire varier la puissance du flux d'air. B.P.

Prix: env. 190 € - Rens.: www.wizevo.com



Le tapis qui recharge les souris

Alors que les souris sans fil (fonctionnant le plus souvent en Bluetooth) montrent des performances désormais équivalentes à leurs homologues filaires, quelques entreprises tentent de résoudre la problématique de la charge, qui oblige à les brancher ou à changer les piles.

La compagnie Corsair avait présenté, fin mai dernier, un prototype ingénieux de tapis intégrant un chargeur par induction. La société suisse Logitech a répliqué en lançant PowerPlay, un tapis fonctionnant sur le même principe. Alimenté par USB, celui-ci

est capable de recharger deux modèles de souris déjà sur le marché: la G703 et la G903. Dans la souris, la batterie est reliée à un module qui récupère l'énergie fournie par le tapis et s'en sert

pour charger sa batterie, ainsi constamment prête à l'emploi et donc à l'abri des arrêts intempestifs. Un avantage qui séduira en priorité les *gamers*, rarement ravis d'être stoppés en pleine action. S.D.

Prix: 90 € (tapis seul)
Rens.: <http://gaming.logitech.com/en-us/product/powerplay-wireless-charging>

✓ La batterie de la souris se charge par induction sur le tapis, elle est donc toujours prête à l'emploi.



Quelle est la plus petite forme de vie ?

Francis Vandermeersch, Hale (Royaume-Uni)

Avec 200 nanomètres (nm) de longueur, la bactérie mycoplasme est le plus petit être vivant connu à ce jour.

Les biologistes considèrent un organisme comme vivant s'il réunit trois propriétés : une capacité à s'auto-organiser en assemblant ses composants de base dont les plans sont inscrits dans son génome, une faculté à se reproduire en tirant parti de l'énergie ou des composés chimiques disponibles, et une délimitation entre son intérieur et son environnement. *“Pour présenter ces différentes propriétés, un organisme doit contenir une membrane qui le délimite, un génome, l’ensemble des enzymes lui permettant de répliquer ce génome, et une*

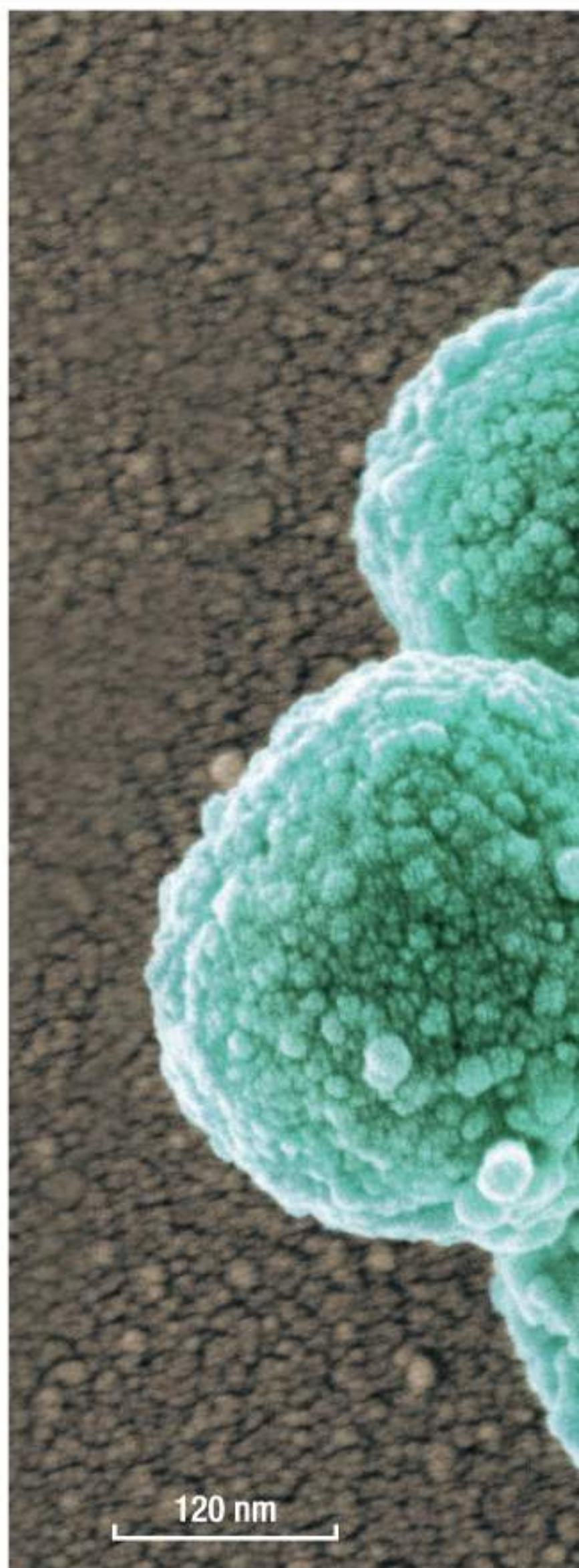
machine moléculaire pour fabriquer des protéines”, liste Jean-Michel Claverie, virologue à l'Institut de microbiologie de la Méditerranée. Tout cela nécessite une certaine place.

UNE SURFACE MINIMUM

La molécule d'ADN, par exemple, a un diamètre de 2 nm, la membrane classique des cellules vivantes, une épaisseur moyenne de 7,5 nm. *“Et la surface d'un organisme vivant doit aussi être assez grande pour permettre l'entrée de nutriments en quantité suffisante pour le faire fonctionner”*, ajoute le chercheur. Une équipe menée par le biochimiste belge Christian de Duve a ainsi

fait le compte : il faut au minimum une longueur de 200 nm pour contenir tous ces éléments...

Les exobiologistes envisagent cependant la possibilité d'organismes qui se limiteraient à de simples ensembles de molécules, dotés ou non de membrane mais néanmoins capables de s'auto-organiser et de se répliquer en captant la matière et l'énergie du milieu. *“C'est ce qu'on appelle des réplicateurs”*, précise Grégoire Danger, à l'université d'Aix-Marseille. Il s'agit là de systèmes moléculaires que l'on pourrait considérer comme une forme de vie très simple... et dont l'échelle serait celle des molécules, soit environ 0,1 nm. K.B.



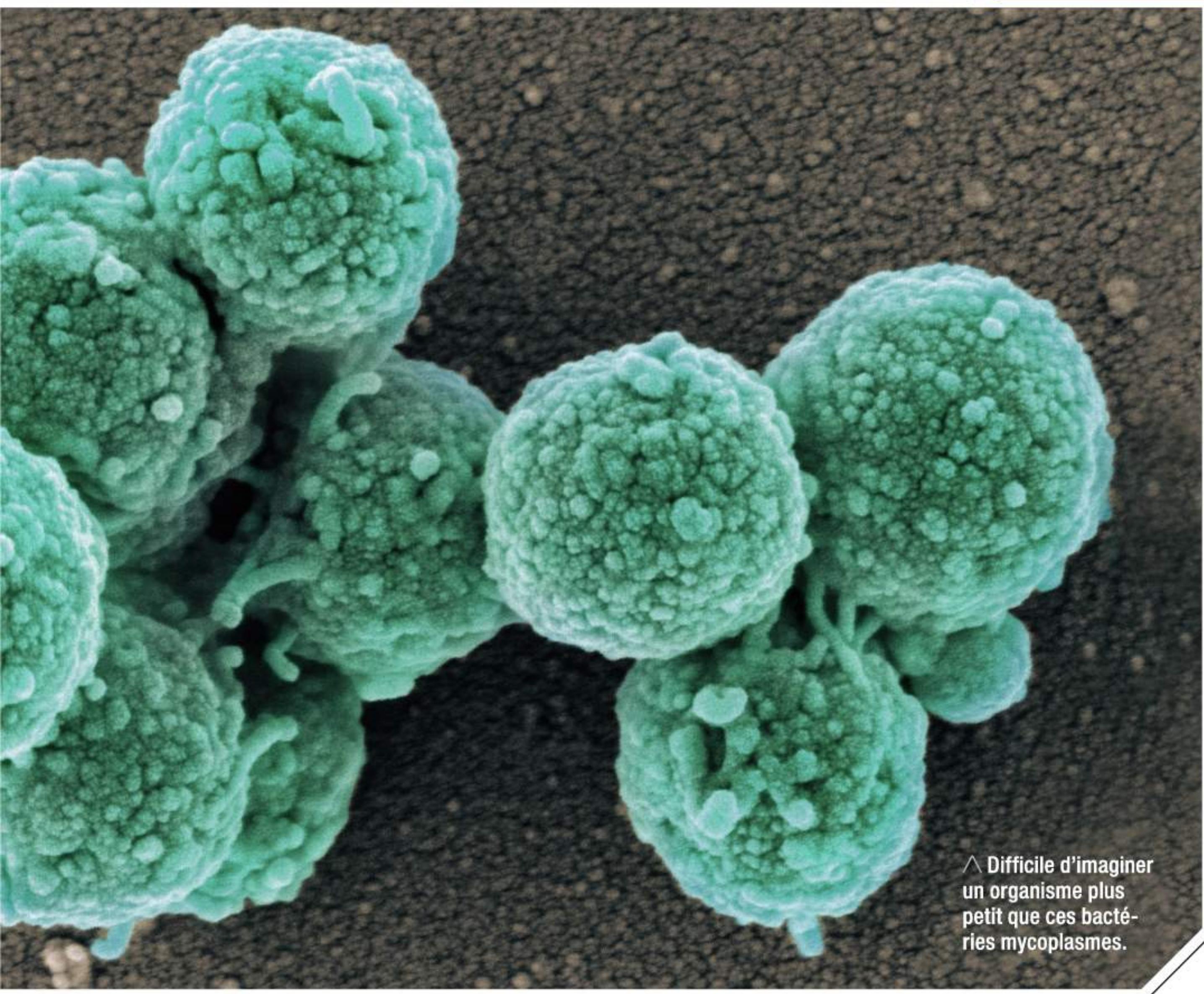
Pourquoi ça gratte ?

Louis Charles, Ruy-Montceau (38), et Michel Joncheray, Nantes (44)

Le prurit – la sensation de démangeaison – naît dans le derme superficiel. C'est dans cette couche de la peau que sont produites les histamines et les protéases : *“Ces protéines, qui transmettent la sensation de prurit, sont libérées suite au contact de la peau avec un moustique, par exemple, ou à cause de maladies, d'allergies...”*, précise Mickaël Riahi, médecin généraliste à Paris. Histamines et pro-

téases stimulent alors les nerfs, qui envoient un signal au cerveau via la moelle épinière. Il en résulte la désagréable sensation que l'on connaît, et que l'on cherche à éradiquer... souvent jusqu'à abîmer la peau. Pour certains dermatologues, ce comportement difficile à réprimer permettrait de déloger de la surface de la peau les parasites ou les substances responsables d'une irritation. G.D.



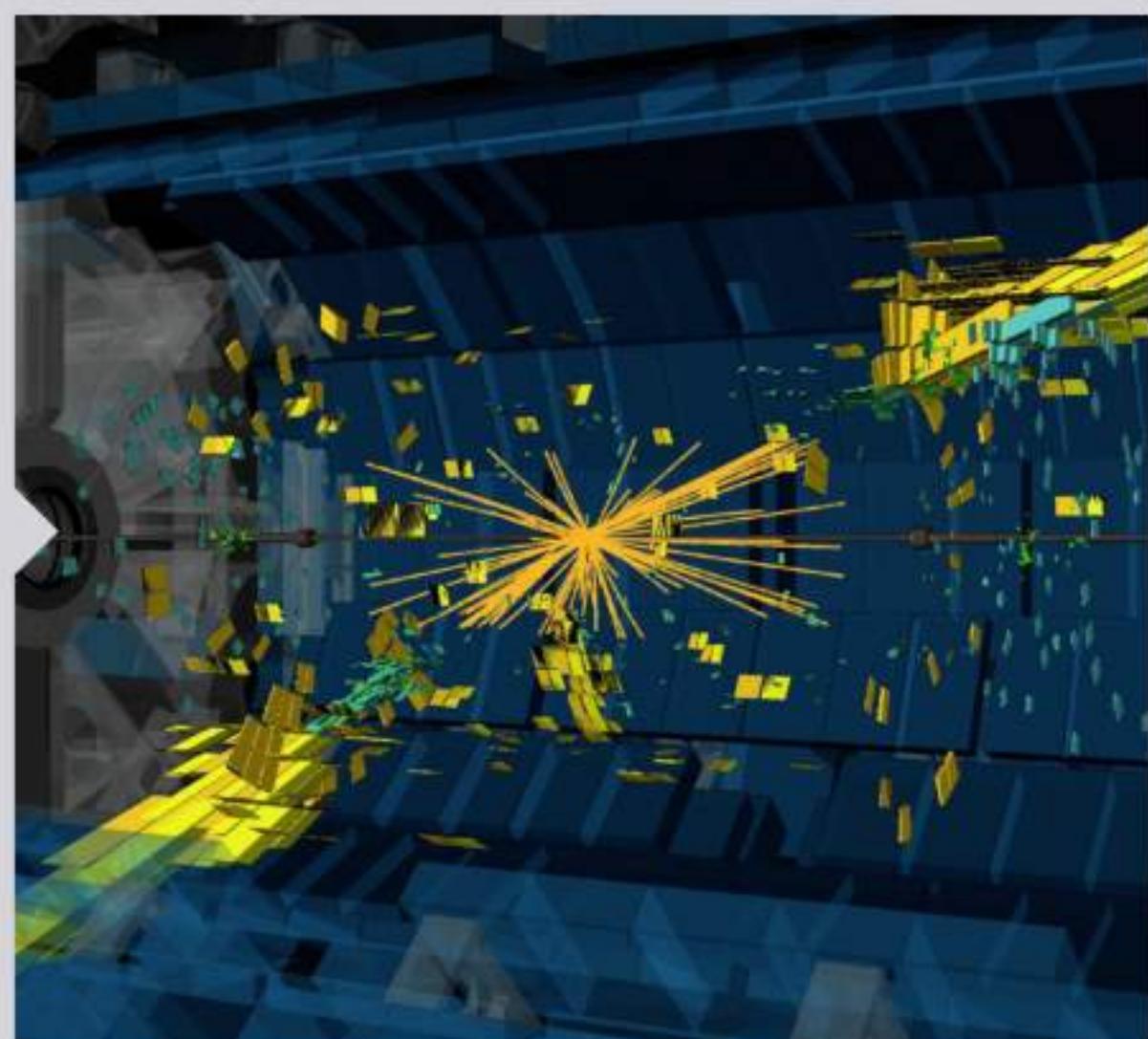


▲ Difficile d'imaginer un organisme plus petit que ces bactéries mycoplasmes.

De quelle couleur sont les particules ?

Gabrielle et James Keays, Calgary (Canada)

La couleur n'étant que la manifestation macroscopique de l'interaction de la lumière avec la matière, les atomes, les électrons et les protons n'en ont pas. Le mécanisme principal à l'origine des couleurs est lié à l'absorption de lumière par les électrons. Ainsi, les carottes sont orange car elles contiennent du bêta-carotène, qui absorbe du violet au vert et réfléchit le reste du spectre lumineux. Mais cela ne veut pas dire que chaque électron du bêta-carotène est orange... A cette échelle, on ne voit qu'une particule émettant un photon, la notion de couleur n'existe pas. **M.G.**



T.DEEERICK/NCMIR/SPL/COSMOS - ATLAS/CERN - A.DAGAN

Comment nos voix peuvent-elles être si différentes ?

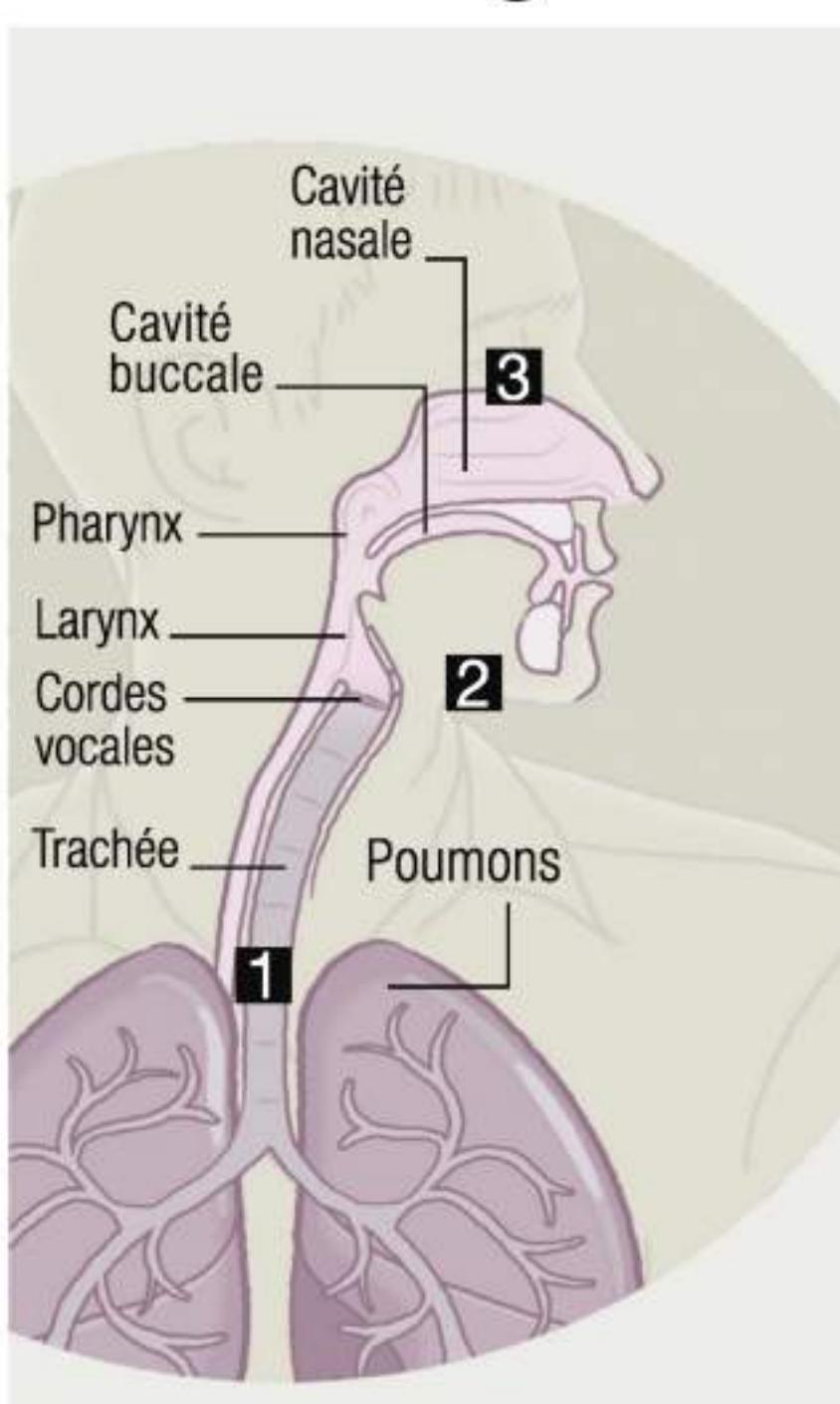
Question d'Eric Douez, Gondrecourt (59)

La voix se forme lorsque les cordes vocales vibrent au passage de l'air, tel un instrument de musique. *“Leur structure constitue un feuilletage complexe, dont la surface est une muqueuse souple qui peut entrer en vibration*, décrit Franck Marmouset, phoniatre-ORL au CHRU de Tours. *En dessous, le ligament vocal donne de la résistance et de l'élasticité aux plis vocaux. Et des muscles jouent sur leur tension et leur position.*” D'une personne à l'autre, muscles, ligament et plis vocaux varient. Les hommes ont par exemple des cordes vocales plus épaisses, qui émettent des sons plus graves que celles des femmes.

Mais ce n'est pas tout: la respiration intervient dans le son final, tout comme la forme du larynx, du pharynx, des cavités nasales, mais aussi de la bouche (voir infographie). *“La voix*

comporte trois caractéristiques acoustiques: l'intensité, qui distingue un son fort d'un son faible, la fréquence et le timbre”, détaille Elizabeth Fresnel, médecin phoniatre à Paris. La première se module par la respiration; la deuxième par les cordes; le troisième par les résonateurs et articulateurs. Ainsi, une bonne partie du corps participe à notre voix, ce qui contribue à la rendre unique. N.P.

Différents organes



Pourquoi le chien lève-t-il la patte pour uriner?

Question de Marc Rigole, Saint-Nicolas-de-Véroce (74)

Pour communiquer avec ses congénères. Le chien peut très bien vider sa vessie accroupi, mais quand il lève la patte, il délivre “toute une séquence de communication”, explique Alessandro Cozzi, de l'Institut de recherche en sémi chimie et éthologie appliquée. D'abord, sa



posture révèle son niveau d'assurance: *“Plus la patte est levée, plus le chien est sûr de lui”*, précise le vétérinaire Joël Dehasse. Et puis il laisse un message olfactif qui se retrouvera au niveau des truffes des autres chiens, l'urine contenant des phéromones qui permettent à l'animal de transmettre des informations de réceptivité sexuelle. *“Même à 100 km de chez eux, les chiens urinent pour dire qu'ils sont passés et qu'ils ont reçu l'information laissée par les autres: c'est leurs Twitter et Facebook”*, s'amuse le vétérinaire. D'ailleurs, ce comportement est surtout observé chez les mâles, à partir de la puberté... Et chez tous les canidés, y compris les loups, les chacals et les renards. o.d.

La Terre

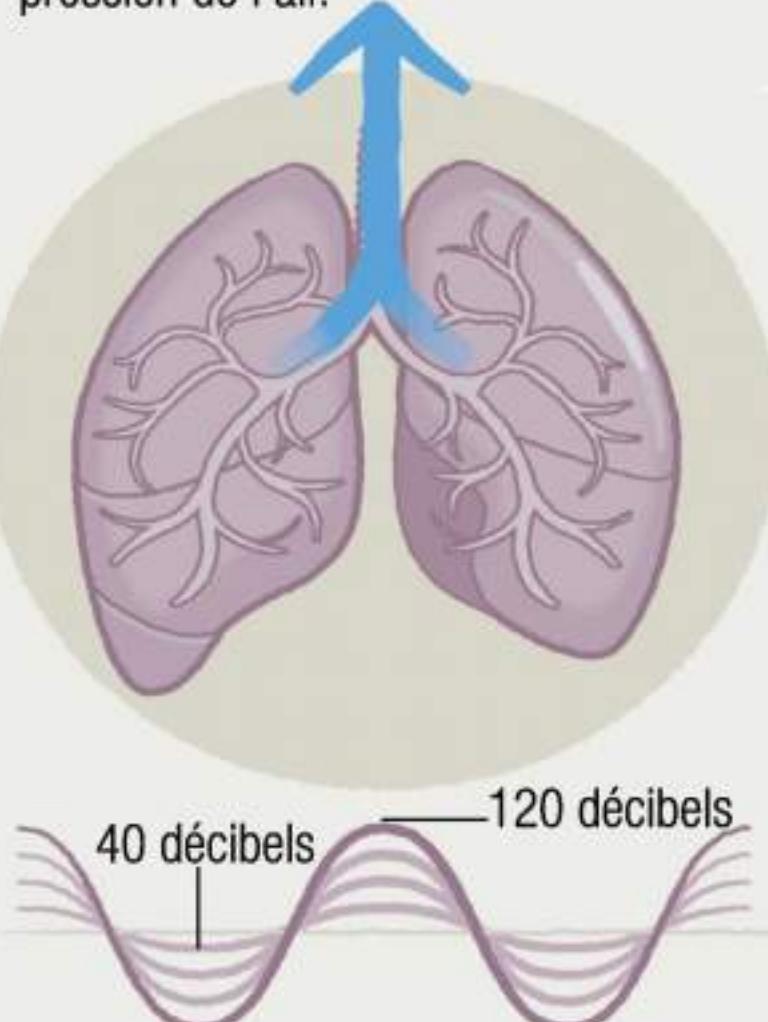
Question de Yolande

La question fait débat depuis longtemps chez les astronomes... surtout que le Soleil connaît des cycles d'activité de 11 ans, liés à l'évolution de la forme du champ magnétique mais dont la dynamique fine leur échappe. Durant chaque cycle, le Soleil se constelle ainsi de taches sombres, des zones où la surface est moins chaude qu'ailleurs à cause d'effets magnétiques: elles atteignent un maximum puis décroissent jusqu'à disparaître. Se pourrait-il que les planètes commandent ce mystérieux cycle ? Dès les années 1850,

modulent les sons que nous produisons

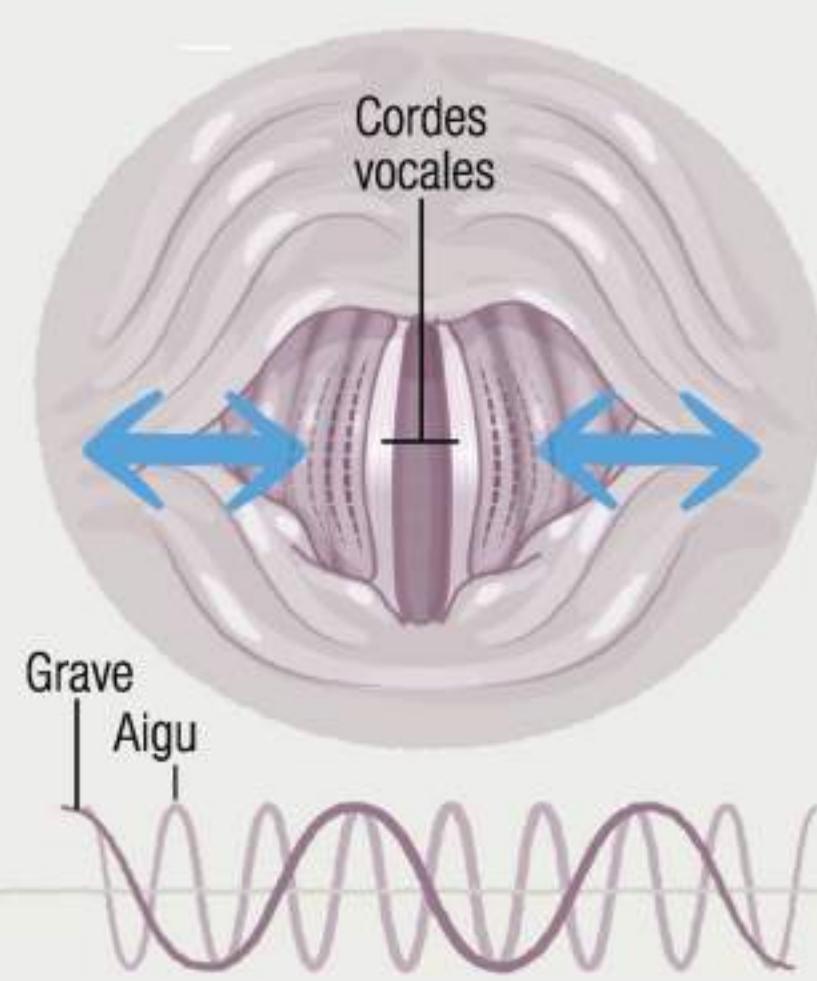
1. Les poumons commandent l'intensité du son

La contraction des muscles respiratoires permet d'augmenter ou de réduire la pression de l'air.



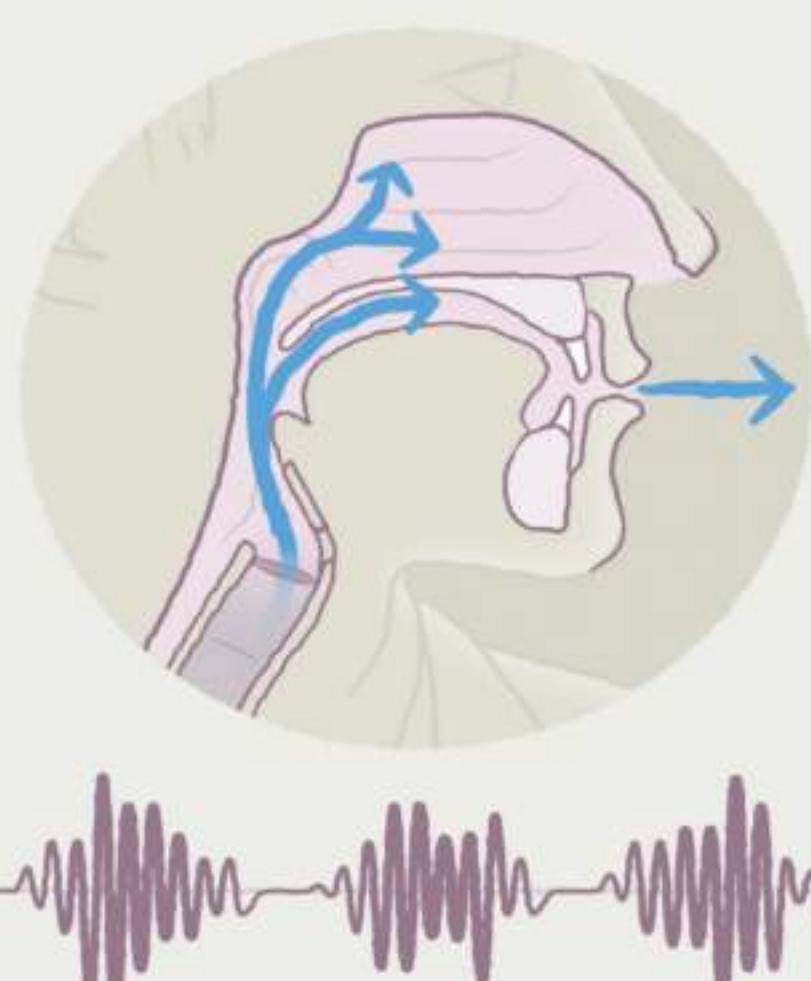
2. Les cordes vocales émettent un son primaire

Le nombre de vibrations des cordes vocales détermine la fréquence, la tonalité du son.



3. Les résonateurs et articulateurs modulent ce son

L'air circule dans la gorge, la bouche et la cavité nasale et va y prendre sa couleur, son timbre et ses harmonies.



influence-t-elle le Soleil ?

Limousin, Paris (75)

de nombreux modèles ont tenté de le démontrer. Peut-être les astronomes étaient-ils séduits par l'idée de voir notre petite planète bleue diriger son étoile... Sauf que ces modèles ont été systématiquement infirmés.

Il faut dire que dans l'espace, les influences se jouent en termes de champs gravitationnels, qui dépendent de la masse des corps en présence. Or, le Soleil est un monstre : il compte pour 99,86 % de la masse du système solaire ! Certes, on connaît des exoplanètes qui influencent la dynamique de leur soleil,

mais *"il s'agit de géantes orbitant très près de leur étoile, comme le système de Tau Bootis, à 51 années-lumière*, précise Sacha Brun, spécialiste du sujet au laboratoire Dynamique des étoiles et leur environnement. *Dans le système solaire, les planètes sont trop petites ou trop éloignées pour avoir un tel effet*".

TROIS PLANÈTES UNIES

Il n'empêche ! En septembre 2016, une équipe d'astrophysiciens du Helmholtz-Zentrum, à Dresde, a publié un modèle liant le cycle solaire à d'infimes perturbations induites à sa surface par l'action conjointe de Vé-

nus, la Terre et Jupiter. En effet, le trio se trouve dans une configuration de résonance avec le Soleil (addition de leur champ gravitationnel) tous les... 11 ans. Les chercheurs ont donc imaginé un mécanisme où le champ magnétique du Soleil, très instable au moment de son maximum, est finalement déstabilisé par la pichenette gravitationnelle donnée par le trio planétaire ; puis se réarrange tandis que les taches disparaissent...

Sauf que pour certains spécialistes du Soleil, le modèle ne tient pas. D'abord, le micro-effet gravitationnel des planètes n'agirait que sur la couche superficielle

de l'astre – le générateur du champ magnétique se trouve en profondeur. Mais surtout, *"le contre-argument est que le cycle solaire de 11 ans ne dure pas 11 ans !* s'exclame Sacha Brun. Par exemple, le cycle 23 a duré 12,7 ans... *"Il dure en réalité entre 7 et 14 ans : la valeur de 11 ans, 11,2 ans pour être précis, est une simple moyenne sur les 24 cycles observés depuis plus de 300 ans. Or, sur cette période, la résonance Vénus-Terre-Jupiter n'a pas varié de cette amplitude..."* Bref, pour l'instant, rien ne prouve que la Terre, ni même toutes les planètes réunies, parviennent à contrôler le Soleil.

R.I.

Jamais seul

Plongez dans la grande saga des microbes

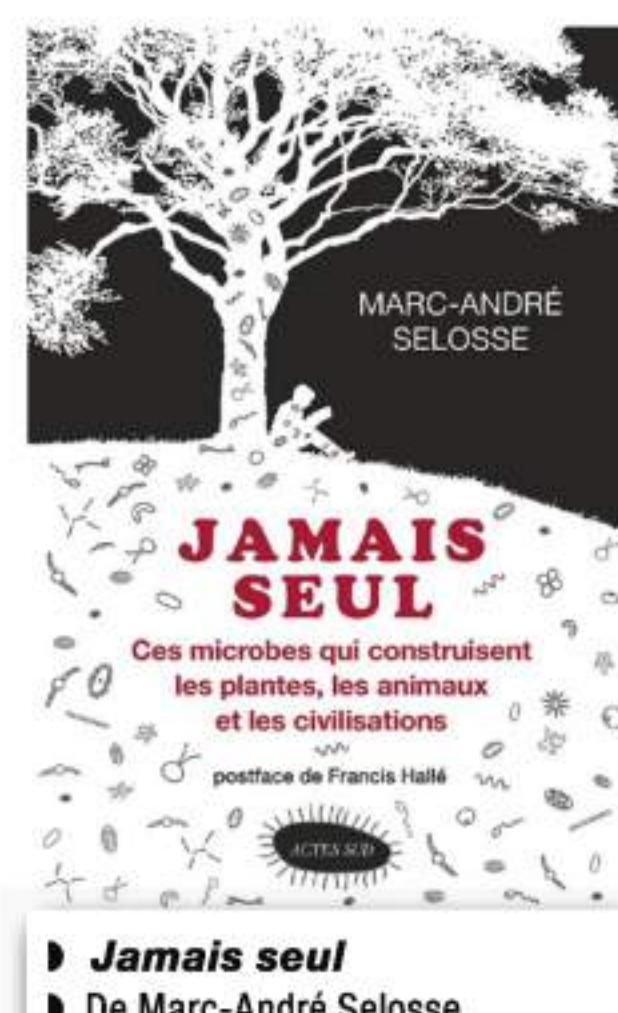
C'est à une véritable révolution intellectuelle que nous convie *Jamais seul*, le premier livre véritablement destiné au grand public (quoique dense !) de Marc-André Selosse, professeur au Muséum national d'histoire naturelle et président de la Société botanique de France. L'ouvrage consiste en une extraordinaire exploration des alliances entre les microbes et les grands organismes – au premier rang desquels l'homme.

DU MOINDRE ORGANISME AUX ÉCOSYSTÈMES

Ces alliances (les scientifiques les appellent des symbioses), leur omniprésence, leur fabuleuse diversité et leurs conséquences proprement vertigineuses constituent la matière de ce livre passionnant et constamment surprenant. Surprenant car si “l'océan de microbes” dans lequel nous évoluons tous (un milliard de bactéries et mille espèces de champignons par gramme de sol), et qui remplit chaque cavité de notre corps, est désormais mieux connu, l'étroitesse des relations qui nous unissent aux microbes est encore

mal mesurée. La symbiose a façonné le corps même d'innombrables organismes de notre quotidien. L'un des exemples du livre est celui de la vache, dont l'énorme estomac (jusqu'à un sixième du corps !), le rumen, est un véritable élevage de bactéries, l'équivalent d'un fermenteur industriel où l'herbe, peu digeste pour la vache, est consommée par des bactéries ; ce sont ces dernières que la vache digère en réalité, au point, explique l'auteur, que l'on pourrait lui contester le qualificatif d'herbivore !

Pour aller plus loin, les symbioses sculptent et modèlent, par-delà les organismes, les écosystèmes : selon qu'elle trouvera ou pas les alliés microbiens qu'il lui faut, telle plante parviendra ou pas à conquérir un environnement nouveau, s'y implanter et le transformer. Cela – Selosse en donne mille exemples – vaut pour les insectes, les vertébrés... et même pour les hommes et leurs civilisations : sans l'aide de leurs microbes, qui ont décimé les peuples amérindiens bien plus que leurs armes, les Européens n'auraient sans doute pas

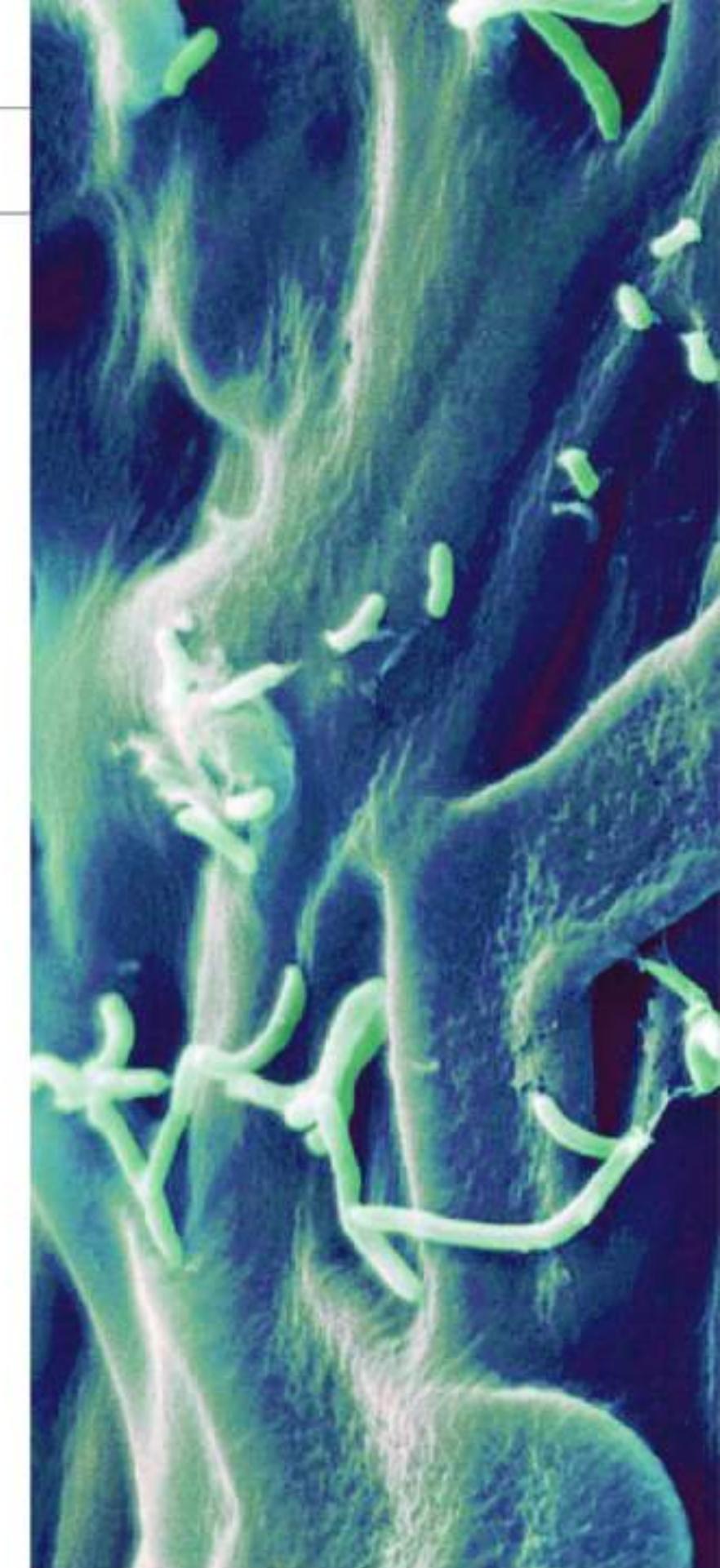


► **Jamais seul**
► De Marc-André Selosse
► Editions Actes Sud
► 163 pp./ 24,50 €

conquis le Nouveau Monde aussi facilement.

Des civilisations au sein desquelles les microbes jouent du reste un rôle clé. Que l'on songe à nos aliments les plus emblématiques : le pain, le vin (et le fromage pour les Français)... Ils sont l'œuvre de levures et de bactéries, dont le livre raconte l'action méconnue et la co-évolution avec l'homme, microbiologiste avant même de connaître les microbes.

Des innombrables histoires naturelles qui forment ce livre, un message finit par émerger : notre taille mais aussi notre philosophie individualiste nous ont trop long-



temps empêchés de voir le monde vivant tel qu'il est, un dense tissage d'alliances étroites avec les microbes. Dont l'exploration, mais aussi l'optimisation à notre profit, est une des feuilles de route de la biologie moderne.

Yves Sciamma



La mycorhise, colonisation des racines d'une plante par les champignons, est l'une des premières alliances terrestres.

EXPOSITION

- **Yéti y-es-tu ? Sur la piste des animaux énigmatiques**
- Fabrique des savoirs, Elbeuf (76)
- Jusqu'au 15/10/2017



Dessinés, contés, rêvés... Certains animaux sont imaginaires tel le monstre du Loch Ness ; d'autres, que l'on croyait disparus, se rappellent à nous. C'est le cas du calmar géant ou du coelacanthe, poisson préhistorique retrouvé dans les filets d'un pêcheur d'Afrique du Sud. Ces animaux énigmatiques sont réunis à la Fabrique des savoirs d'Elbeuf pour une exposition dédiée à la cryptozoologie – science des animaux dont l'existence n'est pas avérée – qui fait la part entre les connaissances et les légendes. L'occasion de rappeler que certaines zones du globe nous réservent encore quelques surprises.

X.B.

“

MARC-ANDRÉ SELOSSE

Professeur au Muséum national d'histoire naturelle et à l'université de Gdansk (Pologne)

La prise en compte des symbioses est un ajout majeur au darwinisme

S&V: Pourquoi avoir choisi de consacrer un ouvrage aux symbioses, connues depuis longtemps par les biologistes ?

Marc-André Selosse: Les progrès de la biologie moléculaire ont donné un coup d'accélérateur, en fournissant de précieux outils pour identifier les microbes et leurs fonctions. Dans le même temps, la médecine a enfin commencé à s'intéresser à la symbiose et à l'action favorable des microbes sur notre santé.

S&V: En quoi est-ce que les interactions que vous décrivez dans *Jamais seul* ont changé le regard des biologistes sur le monde ?

M.-A.S.: Le darwinisme strict qui régnait à une époque, avec l'idée de lutte de chaque organisme contre tous les autres, a été dépassé par une vision beaucoup plus riche et nuancée. La prise en compte des symbioses a été un ajout majeur au darwinisme. Facteur d'évolution très important, elles ont ré-

habilité, dans une certaine mesure, Lamarck et l'héritérité des caractères acquis : un organisme qui crée une alliance avec un microbe pour survivre peut ensuite le transmettre avec ses propriétés à ses descendants !

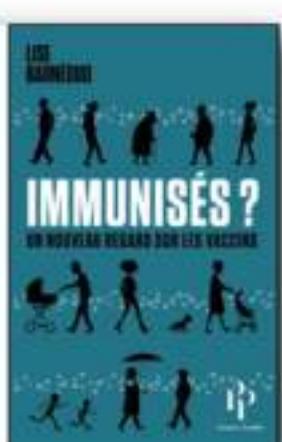
S&V: Faut-il revoir l'importance de la place de l'organisme et de l'individu dans l'évolution ?

M.-A.S.: La science occidentale surestime l'autonomie de l'organisme. Et on est ébranlé (et aussi émerveillé) lorsque l'on réalise que l'organisme ne peut exister isolément, qu'il est entouré de symbiotes, et que les interactions qu'il noue sont au moins aussi importantes que ses caractéristiques propres.

Propos recueillis par Y.S.

LIVRE

- **Immunisés**
- de Lise Barnéoud
- Ed. Premier Parallèle, 2017
- 200 pp., 16 €



Alors que la moitié de la population française dit se méfier des vaccins, Lise Barnéoud, collaboratrice régulière de S & V, a enquêté sur les enjeux scientifiques, mais aussi sociaux et économiques de la vaccination en France. Dans ce livre très documenté, le lecteur suit un parent – l'auteur – qui s'interroge chaque fois qu'il doit faire vacciner ses enfants. Il trouvera ici des clés pour se forger un avis éclairé, loin du discours moralisateur ancré dans le grand récit pasteurien et des diatribes antivaccins qui prospèrent sur les doutes.

C.T.

29 septembre 1957

Kychtym: le premier grand accident nucléaire

Les antennes de la CIA crépitent. Les renseignements américains viennent d'apprendre, en ce début d'automne 1957, qu'un accident nucléaire majeur vient d'irradier les forêts sibériennes, au sud de l'Oural, à proximité de Kychtym, à 70 km au nord de Tcheliabinsk. Explosion d'un réacteur? Essai raté d'une nouvelle arme? Les avions espions U2, qui survolent régulièrement la zone, enchaînent les clichés du grand complexe chimique dissimulé dans la taïga. Le site ne figure sur aucune carte. Il n'a d'ailleurs aucun nom, si ce n'est une vague référence postale: Tcheliabinsk-40. C'est pourtant là qu'ont été construits, à partir de 1945, les réacteurs qui produisent

le plutonium destiné à l'arme nucléaire soviétique.

Que s'y est-il passé? Les milliers d'habitants des villages alentour l'ignorent eux-mêmes. Les militaires leur demandent d'évacuer. Beaucoup sont admis d'urgence à l'hôpital pour des pathologies mystérieuses. Les décès s'additionnent, la panique se répand.

SILENCE AUSSI À L'OUEST

La CIA choisit, elle aussi, de garder le silence. Les dysfonctionnements du réacteur Enrico Fermi, près de Détroit, ont déjà suffisamment échauffé les esprits. En Angleterre, un accident de réacteur, à Windscale, a suscité, un an avant, une levée de boucliers. Les manifestations se multiplient contre

les dangers du nucléaire. Des deux côtés du rideau de fer, une même chape de plomb se referme donc sur "l'incident de Kychtym".

Elle ne sera brisée que vingt ans plus tard, par le dissident soviétique Jaurès Medvedev. Exilé au Royaume-Uni, ce biologiste raconte, dans le *New Scientist* du 4 novembre 1976, ce qui ressemble fort à l'explosion accidentelle d'une grosse quantité de déchets nucléaires, qui aurait contaminé une vaste zone sur un rayon d'une centaine de kilomètres. Medvedev est surpris de la vague médiatique qu'il provoque: cette histoire n'était donc pas connue en Occident? Non, apprend-il. Or, la question des déchets nucléaires y fait justement

l'objet de débats virulents. Les experts clament qu'un accident d'une telle ampleur, à partir de simples déchets, est techniquement impossible. Le directeur de l'Autorité de l'énergie atomique du Royaume-Uni qualifie son récit de "pure science-fiction".

La CIA reconnaît, du bout des lèvres, avoir eu vent d'un accident nucléaire qui aurait provoqué "quelques" décès fin 1957. Mais les Soviétiques, rassure-t-elle, ont sécurisé le site.

D'anciens Soviétiques installés en Israël confirment néanmoins qu'une catastrophe nucléaire, due à des négligences dans le stockage des déchets, a bien eu lieu vingt ans plus tôt au sud de l'Oural. Jaurès Medvedev



SCIENCE&VIE en parlait déjà...

PAR FIORENZA GRACCI

1971 UNE ÉNERGIE DANGE-REUSE

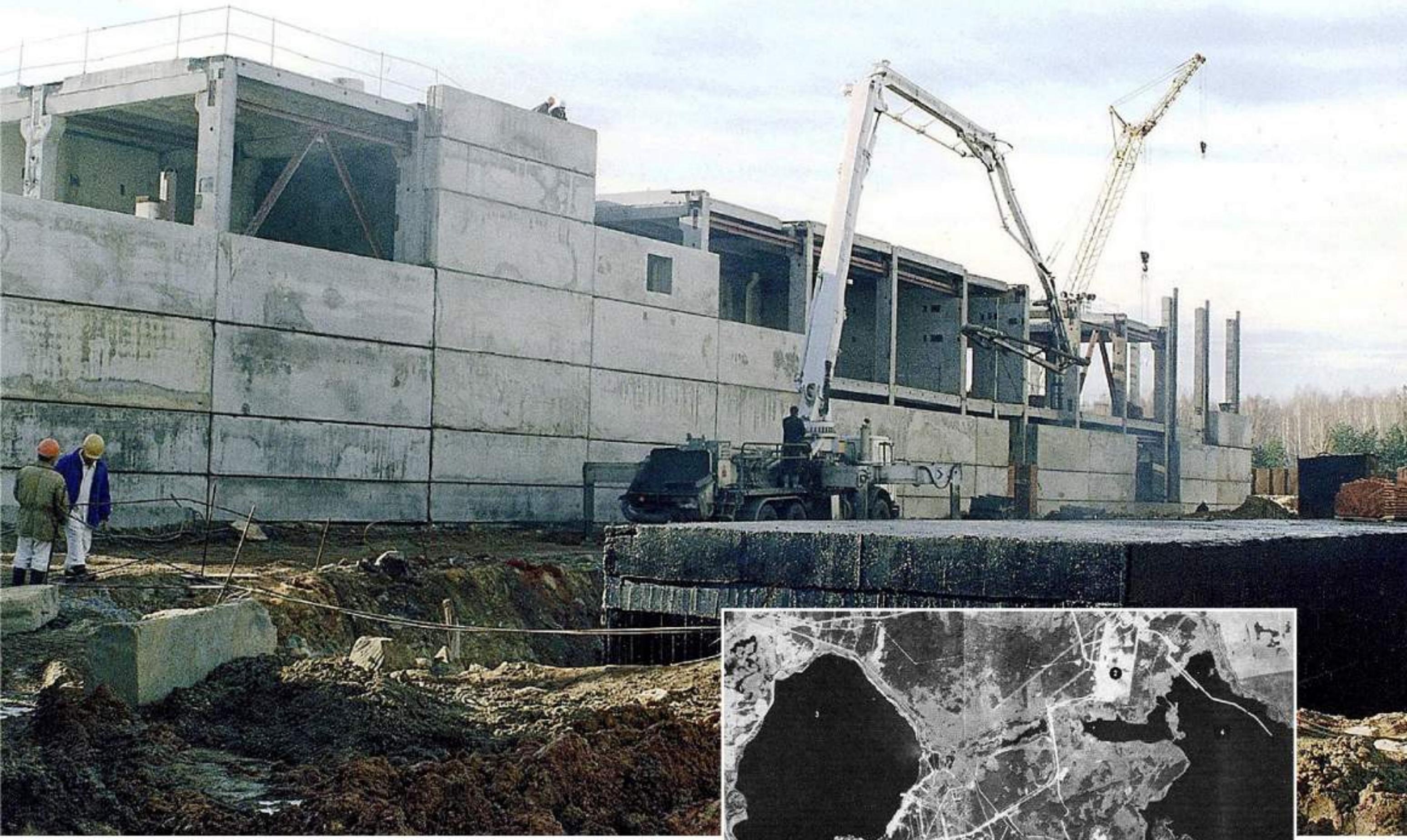
Science & Vie met en garde contre un danger alors sous-estimé : "Pour le grand public, c'est l'accident, l'emballage ou l'explosion d'une centrale qui couvrirait de radioactivité toute une vaste région" qui est le plus à craindre. Mais c'est oublier "la dispersion d'isotopes radioactifs dans la nature". *S&V* n°642



1975 MÊME LES EXPERTS S'INQUIÈTENT

D'après l'analyse d'un professeur californien, traduite dans *S&V*, quatre types de risques sont à craindre : les erreurs humaines, les défaillances mécaniques de l'installation, la malveillance et "une catastrophe naturelle, tremblement de terre, tornade, raz de marée". *S&V* n°691





travaillait alors à Moscou et n'a eu que des témoignages indirects. Mais après la publication de son texte, il dissèque tous les articles de radio-écologie publiés dans son ancienne patrie dans les années qui ont suivi l'accident.

Car les scientifiques soviétiques ont eu là une opportunité unique d'étudier l'impact sur les écosystèmes d'une contamination radioactive majeure. Déjouant la censure, le dissident assemble pièce →



▲ Même si une nouvelle unité a été construite en 1987 (rectangle blanc en haut), le complexe nucléaire Maïak ou Tcheliabinsk-65 reste l'un des sites les plus pollués au monde par la radioactivité.



(1) Le mouvement Pugwash est une véritable « internationale » des savants. Au-delà des barrières géographiques, politiques et idéologiques, des savants responsables se rencontrent régulièrement pour discuter des problèmes importants posés par l'évolution de la science et de la technique et tenter de les résoudre.

1980 LA MÉFIANCE APRÈS THREE MILE ISLAND

Suite à l'accident de Three Mile Island, le 28 mars 1979, "c'est un rapport accablant qu'a remis au président des Etats-Unis la commission d'enquête. [...] La conclusion en est que l'atome, même civil, présente tant d'inconnues qu'il est même question d'un moratoire." Un appel classé sans suite... *S&V* n°748

Le nucléaire après l'accident de Three Mile Island

Contrairement à ce que l'on eût craint, le rapport de la commission américaine chargée d'enquêter sur l'accident de Three Mile Island est détaillé sans complaisance techniques et humaines qui ont failli mener à une catastrophe de grandeur. La conclusion en est que l'atome, même civil, connues qu'il est même question d'un moratoire. C'est la loi et de franchise à méditer.

→ par pièce le puzzle explosif. Un scénario se précise, qu'il détaille dans un livre publié en 1979. La déclassification de différents documents, tant du côté de la CIA que des autorités soviétiques, puis russes, permet aujourd'hui de le confirmer.

Lorsque l'unité de production et de séparation du plutonium est construite, fin 1948, les déchets liquides hautement radioactifs sont d'abord déversés dans la rivière Tetcha. Les Soviétiques ne peuvent se payer le luxe de penser à l'écologie... Les contaminations catastrophiques qui s'ensuivent obligent toutefois les autorités à prendre un minimum de précautions. Les déchets les plus radioactifs sont d'abord stockés dans un petit lac à proximité. A partir de 1953, on construit des réservoirs en acier inoxydable, enterrés dans une tranchée en béton, pour en recevoir une partie. Et on y adjoint un circuit de refroidis-



▲ La rivière Tetcha fut le premier "lieu de stockage" de liquides radioactifs, au début de l'exploitation de la centrale, en 1948.

sement car il s'en dégage beaucoup de chaleur.

Le circuit est contrôlé par des instruments impossibles à remplacer à cause de la radioactivité. Des défaillances de ces instruments sont sans doute à l'origine du drame. Mal refroidis, les déchets ont commencé à s'évaporer, mettant les réservoirs sous pression. Nitrates et acétates précipitent et s'échauffent rapidement à 350 °C. Les détails du piège chimique ne sont pas aisés à enchaîner. Seule certitude : le 29 septembre 1957, à 16 h 20, les

réservoirs explosent avec une force équivalente à environ 100 tonnes de TNT.

700 KM² BOUCLÉS

La barrière de béton est projetée à 25 m. Et 70 à 80 tonnes de déchets, contenant plus de 20 millions de Curie de radioactivité, sont éjectés (ce seront 50 à 150 millions de Curie à Tchernobyl). L'essentiel de cette radioactivité retombe près des réservoirs. Le reste forme un nuage qui s'étend sur une zone peuplée d'environ 270 000 habitants.

Une semaine après l'accident, les villages les plus proches sont enfin évacués. Leurs habitants ont reçu entre 150 et 300 rads, doses de radioactivité suffisantes pour détruire la moelle osseuse. Sur 20 km² à la ronde, tous les pins meurent. Huit mois après l'accident, 6 500 autres personnes doivent partir... En tout, 23 villages, soit environ 10 000 personnes, seront évacués. La "zone de protection sanitaire" couvre 700 km².

Guerre froide oblige, le complexe reprendra malgré tout très vite son activité, exposant les travailleurs à des radiations continues. Divers accidents vont encore s'y produire, tant la chimie du plutonium reste complexe à maîtriser. Renommé Tcheliabinsk-65, ou complexe nucléaire Maiak, il continue aujourd'hui de traiter le combustible usé des réacteurs et le plutonium militaire. Et reste l'un des points du globe qui enregistre la plus forte pollution radioactive. E. Monnier

SCIENCE&VIE en parlait encore

1987 TCHERNOBYL ET SON NUAGE

"Les mesures de radioactivité existantes étant trop rares [...], nous avons reconstruit ce qui s'est passé en France grâce aux données météo." De fait, le 2 mai 1986, toute la France est atteinte... même si "c'est l'Est, le Sud-Est et le Centre qui sont le plus touchés". "Le fait que l'Europe centrale [...] ait été relativement épargnée par les pluies a contribué à la progression des polluants vers l'ouest." S&V n°836



2011 LE CHOC FUKUSHIMA

"Une catastrophe totale, qu'aucun scénario n'avait envisagé, donnant à voir, jour après jour, l'ahurissant spectacle de l'impuissance à maîtriser la situation. [...] En France, où il apparaît de plus en plus clairement que l'exploitation du parc nucléaire n'est pas exempt de défauts", S&V retient 6 points à maîtriser : risques naturels, refroidissement, confinement, fusion du cœur, secours et zones contaminées. S&V n°1124



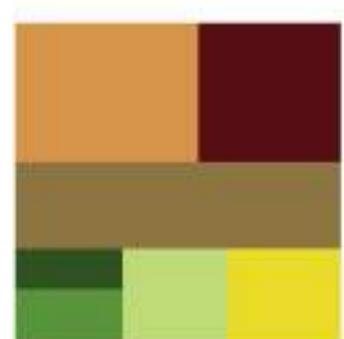
à lire en intégralité dans **Les grandes archives** www.science-et-vie.com

Myriem est Terres OléoPro

Car elle sait que sa crème contient du colza français.

Car elle a appris que le colza est une ressource renouvelable majeure de demain.

Car depuis 40 ans, nos agriculteurs le cultivent avec toute l'exigence de la qualité française.

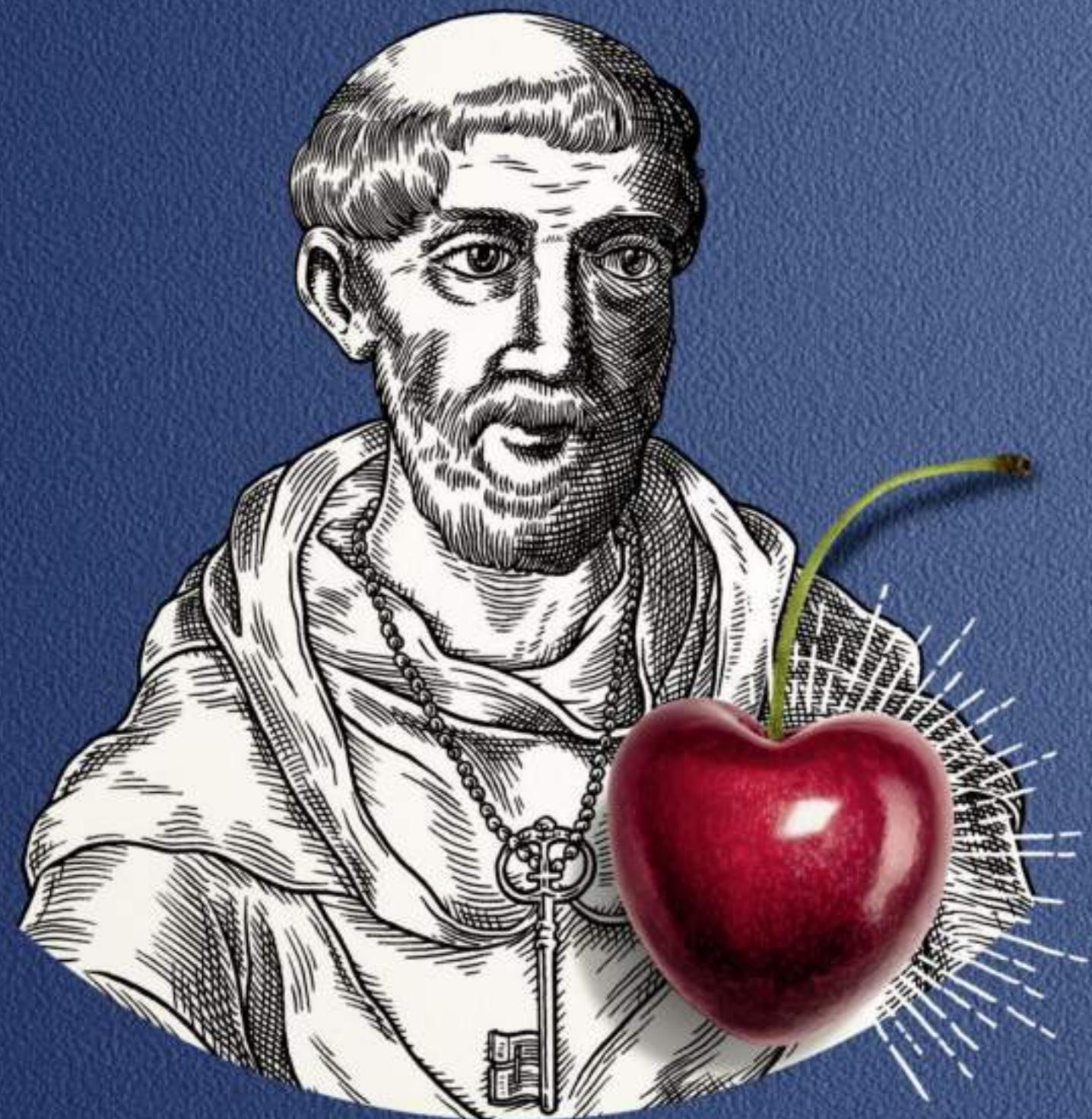


Terres
OléoPro

Huiles et protéines végétales de France



www.terresoleopro.com



ON NE PLAISANTE PAS
— AVEC LE GOÛT —



SERVICEPLAN Hébergement ADS Nostre 41492002

La recette d'Affligem Cuvée Carmin à l'arôme naturel de framboise/cerise/fraise 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.