

MARS 2014 N° 1158  MONDADORI FRANCE

VOIE LACTÉE
MAIS COMBIEN
A-T-ELLE DE BRAS ?

ATLANTIQUE
UN JOUR IL VA
DISPARAÎTRE



GLUTEN, ASPARTAME, LAIT...

ENQUÊTE SUR
**LES NOUVEAUX
INTERDITS
ALIMENTAIRES**

France métro: 4,20 € - D: 6,90 € - BEL: 4,70 € - ESP: 4,90 € - GR: 4,90 € - DOM surf: 4,90 € - DOM avion: 6,90 € -
ITA: 4,90 € - LUX: 4,70 € - PORT CONT: 4,90 € - CAN: 6,50 \$ CAN - MAR: 48DH - TOM: \$/750 CFP - TOM A: 1400 CFP
- CH: 8,5 FS - TUN: 7,5 DTU



FUKUSHIMA
CES CANCERS QU'ON
NE VEUT PAS VOIR

FILIATION
L'ADN TRANSMET
LES SOUVENIRS!



Innovation
that excites



NOUVEAU NISSAN QASHQAI. URBAIN PAR INSTINCT.

Avec son design affûté, le Nouveau Nissan QASHQAI affiche un style audacieux. Son intérieur aux lignes fluides révèle une technologie embarquée toujours plus avancée. Avec son système d'aide au stationnement intelligent et son système de navigation NissanConnect équipé du Google® Send-to-Car, le Nouveau Nissan QASHQAI a plus que jamais l'instinct urbain.

Gamme Diesel à partir de 289 €/mois⁽¹⁾ LLD sur 49 mois avec un premier loyer de 2399 €



Pour plus d'informations, rendez-vous sur nissan.fr

Retrouvez l'actualité de Nissan sur facebook.com/nissanfrance



Innover autrement. (1) Exemple pour un Nouveau Nissan QASHQAI Visia 1.5 dCi 110 Visia neuf en Location Longue Durée sur 49 mois avec un premier loyer de 2 399 € suivi de 48 loyers de 289 €*. **Modèle présenté** : Nissan QASHQAI Tekna 1.5 dCi avec option peinture métallisée, en Location Longue Durée avec un premier loyer de 3 071 €, suivi de 48 loyers de 377 €*. Restitution du véhicule chez votre concessionnaire en fin de contrat avec paiement des frais de remise à l'état standard et des kilomètres supplémentaires. Sous réserve d'acceptation par Diac - SA au capital de 61 000 000 € - 14, avenue du Pavé Neuf - 93160 Noisy-le-Grand - SIREN 702 002 221 RCS Bobigny. *Hors assurances facultatives pour un kilométrage maximum de 60 000 km. Offre non cumulable avec d'autres offres, valable du 01/02/2014 au 31/03/2014. Nissan WEST EUROPE SAS au capital de 5 610 475 €, RCS Versailles B 699 809 174 Parc d'Affaires du Val Saint-Quentin - 2, rue René Caudron - CS 10213 - 78981 Voisins-le-Bretonneux Cedex.

Consommations gamme cycle mixte (l/100 km) : 3,8 - 5,6. Émissions de CO₂ (g/km) : 99 - 129.

"Jusqu'où irais-tu
pour mon
goût unique ?"



Un cœur fondant aux noisettes,
une gaufrette croustillante, du bon chocolat.
Kinder Bueno: si bon qu'on en deviendrait méchant.





MÉFIANCE DANS LES ASSIETTES

S'il est vrai que "l'on est ce que l'on mange", on a bien raison de s'intéresser de près au contenu de son assiette. S'il est tout aussi vrai que "l'on creuse sa tombe avec ses dents", on comprend alors que la chose ingérée doit être inspectée avec les plus grands scrupules. Ainsi, l'alimentation serait une affaire trop sérieuse pour être laissée à la seule appréciation de nos appétits. Gourmets, affamés, mangeurs de tous ordres et de toutes sortes de choses, nous tous donc, prenons garde, ce qui est tapi au fond de notre assiette nous menace. Il y va de notre identité autant que de notre survie !

Faut-il donc vraiment tant se méfier de ce que l'on mange ? Une chose est sûre, cette méfiance-là n'est pas nouvelle. Il y a même tout lieu de penser qu'elle devait hanter l'esprit des premiers hommes. Chasseurs-cueilleurs toujours en quête de nourriture, on imagine les peurs qu'il leur a fallu surmonter pour porter à leurs lèvres d'improbables nourritures plus ou moins connues et plus ou moins... comestibles. "Ce-lui-là a eu du courage, qui a été le premier à manger

une huître", affirmait l'écrivain Jonathan Swift. Du courage, et aussi de la chance. Car nos lointains ancêtres ont dû être un certain nombre à s'empoisonner lorsque, tiraillés par la faim, ils s'aventuraient à croquer ce qui ne devait pas l'être.

Certes, les temps ont changé. Notre espérance de vie a quadruplé. Incontestablement, notre sécurité alimentaire est mieux assurée que jamais. Et pourtant... Voici que de nouveaux interdits alimentaires fleurissent de toutes parts et que la plus grande méfiance se réinvite dans nos assiettes. A en croire les uns ou les autres, tel aliment, tel ingrédient serait mauvais pour la santé, à proscrire absolument. Pourquoi tant de doutes aujourd'hui ? La faute aux crises alimentaires qui ont profondément ému l'opinion ces dernières années ? A la montée des peurs de tous ordres qui caractérise notre époque ? Aux scientifiques eux-mêmes ? A l'issue de notre enquête, une chose est sûre : nombre de ces interdits ne méritent absolument pas de l'être. Bon appétit.

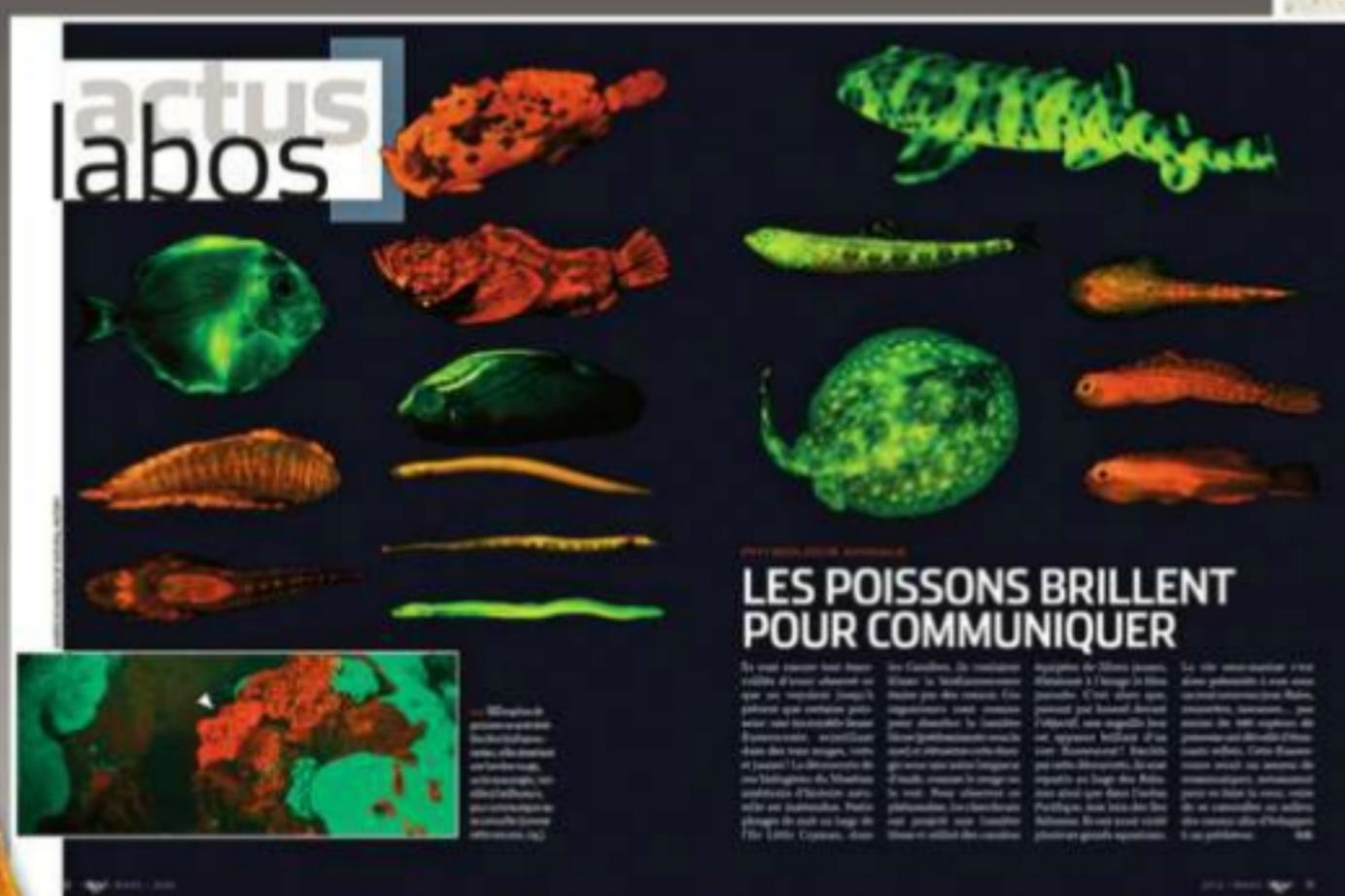
S&V

SOMMAIRE

> MARS 2014



12



22

ACTUS

10 LABOS

Les poissons brillent pour communiquer; l'ancêtre de nos tables de multiplication est chinoise, etc.

18 ON TENAIT À VOUS DIRE

Faites la science plutôt que la guerre

24 FOCUS

Chromosome X: l'héritage de nos parents se voit !

26 TERRE

L'eau douce abonde sous les océans; le mystère des éruptions de supervolcans n'en est plus un, etc.

32 LES CLÉS POUR COMPRENDRE

Pourquoi le charbon redevient la première énergie mondiale

34 MÉDECINE

On tient une piste pour aider les gros fumeurs; en Inde, la poliomyélite est enfin éradiquée, etc.

40 ON EN REPARLE

Autisme: la piste bactérienne se confirme

42 TECHNO

Le clonage en 3D devient possible au micromètre près; compressée, la lumière dope les fibres optiques, etc.

46 IDÉE NEUVE

“On pourrait vaporiser l'information pour la transmettre”

48 FOCUS

Ecrans tactiles: ils peuvent enfin être flexibles



52

FONDAMENTAL

À LA UNE

52 ENQUÊTE SUR LES NOUVEAUX INTERDITS ALIMENTAIRES

72 ÉVÉNEMENT

L'ADN TRANSMET AUSSI NOS SOUVENIRS !

76 POLÉMIQUE

ET SI LES BULLES DE SAVON PERMETTENT DE PRÉDIRE LES CYCLONES...

ENQUÊTE SUR LES NOUVEAUX INTERDITS ALIMENTAIRES

Gare aux nitrates dans l'eau ! Attention au gluten dans le pain !... Difficile aujourd'hui d'échapper aux interdits alimentaires qui ne cessent d'alerter sur ce qu'il est bon ou mauvais de manger pour la santé. Mais est-ce si sûr ? Au terme de notre enquête, il apparaît que certains interdits sont très exagérés. Mais pas d'autres... Explications au cas par cas.

Faut-il en manger... ou pas ? Pour un nombre croissant d'entre nous, c'est devenu une habitude que de s'assurer de la qualité de ce qu'on va consommer. Que ce soit au moment de l'achat des produits en magasin, ou de la préparation des repas à la maison.

Industrielles ont largement désigné de nos assiettes la menace bacteriologique. Mais c'est un fait : de nouvelles peurs empoisonnent désormais la vie du mangeur occidental. Des peurs qui ont pour nom gluten, soprano, lactose, sorbitol, saccharose...

ADN IL TRANSMET AUSSI NOS SOUVENIRS !

C'est une découverte incroyable : des souvenirs d'une expérience désagréable sont transmis, via leur ADN, de manière de l'héritage "paternel" qui réinterroge la notion de l'héritage.

PAR JULIA ARONSON



128

EN PRATIQUE

QUESTIONS / RÉPONSES

Faut-il continuer de protéger le loup en France ?



Le loup, mammifère carnivore, a été protégé au niveau national en 1984. Mais il est toujours suivi et étudié. Des études montrent que le loup a une faible densité dans les régions où il vit. Il est donc difficile de déterminer si le loup est en danger ou non. Il existe des mesures pour protéger le loup, mais elles doivent être adaptées à chaque région. Il est important de faire des études pour comprendre les besoins du loup et de prendre des mesures pour protéger son habitat.

PARIS, 11 MARS 2014

Le loup, mammifère carnivore, a été protégé au niveau national en 1984. Mais il est toujours suivi et étudié. Des études montrent que le loup a une faible densité dans les régions où il vit. Il est donc difficile de déterminer si le loup est en danger ou non. Il existe des mesures pour protéger le loup, mais elles doivent être adaptées à chaque région. Il est important de faire des études pour comprendre les besoins du loup et de prendre des mesures pour protéger son habitat.

PARIS, 11 MARS 2014

136



72

82 ENQUÊTE
CANCER DE LA THYROÏDE

LE JAPON MENT-IL SUR
LES CONSÉQUENCES DE
FUKUSHIMA ?

90 DÉCOUVERTE
À CHAQUE ESPÈCE
SES LIGNES DE VIE

96 FUTUR
L'ATLANTIQUE SE PRÉPARE
À DISPARAÎTRE !

104 CASSE-TÊTE
VOIE LACTÉE
MAIS COMBIEN
A-T-ELLE DE BRAS ?

Un encart "Boutique S&V 16 pages" est jeté en 4^e de couverture sur les exemplaires de toute la diffusion abonnée France métropolitaine. Un encart "Science & Vie croisière Cap Nord" est jeté sur les exemplaires de toute la diffusion abonnée France métropolitaine.

108 LE POINT SUR

40 ans après le programme Messmer...
QUEL AVENIR
POUR LE
NUCLÉAIRE
FRANÇAIS ?

Le premier choc pétrolier de 1973 a propulsé la France dans le tout nucléaire. Mais l'énorme parc vieillissant des centrales françaises pose aujourd'hui de nombreux problèmes. L'heure est aux choix...



EN PRATIQUE

120 BON À SAVOIR

122 ZOOM DU MOIS
Pesticides, engrangements, arrosage...
10 conseils de science pour mieux jardiner

128 QUESTIONS /
RÉPONSES

134 TECHNOFOLIES
Enroulé autour du cou, voici l'airbag à vélo ; un monocycle électrique profilé comme une moto ; un bracelet qui parle la langue des signes ; la voiture à monter soi-même, etc.

140 LE CIEL
DU MOIS

142 Contre-sommaire



ADOPTEZ UN NOUVEAU REGARD SUR ŠKODA

Nouvelle ŠKODA
Rapid Spaceback

à partir de

13 990 €
SANS CONDITION⁽¹⁾



- Volume de coffre 384 L incluant roue de secours
- Toit panoramique en verre vision 180°⁽²⁾

- Radars de stationnement arrière⁽²⁾
- Système Start and Stop

Une vision à 180° grâce à son toit en verre panoramique⁽²⁾.

Découvrez, configuez, essayez sur skoda.fr/rapidspaceback

Suivez-nous sur

IL Y A TOUJOURS QUELQU'UN DE BIEN DANS UNE ŠKODA.

(1) Prix TTC conseillé au 01/01/2014 de la Rapid Spaceback Active TSI 85 ch neuve hors option, déduction faite d'une remise spéciale de 3 360 € TTC, sans condition de reprise (conditions détaillées chez les distributeurs ŠKODA participant ou sur www.skoda.fr). Offre spéciale non cumulable, aux particuliers en France métropolitaine, pour toute commande d'une Rapid Spaceback TSI 85 ch neuve du 01/02/2014 au 31/03/2014 et dans la limite des stocks disponibles. Modèle présenté : Rapid Spaceback série spéciale Style Plus TSI 85 ch BVM5 GreenTec avec options phares avant Xénon (380 € TTC) et peinture rouge Corrida (225 € TTC) au prix de 18 365 € TTC remise déduite du tarif au 01/01/2014. (2) De série ou en option selon les versions. Simply Clever : Simplement Évident. Volkswagen Group France - Division ŠKODA - 02600 Villers-Cotterêts - RCS Soissons B 602 025 538.

Laser: sans risque, vraiment ?

Dans votre dossier "Vision" (n° 1156), vous indiquez que les opérations de la myopie au laser (lasik) sont devenues banales et sans risque. J'ai été opéré en 2008. Depuis, ma vie est devenue un enfer. Je vois flou, j'ai une très mauvaise vision de nuit et surtout j'ai développé un syndrome de l'œil sec qui m'invalidise complètement. Aujourd'hui, comme vous dites, il y a 20000 opérés par an, les patients sont jeunes en général,

mais vous verrez dans vingt ou trente ans, lorsque ces personnes auront 70 à 80 ans et que les yeux produiront moins de larmes, ce sera une véritable épidémie de syndrome sec. Les ophtalmologistes ne veulent pas le reconnaître car ça remettrait en cause leur business.

Dominique Portanelli, Antibes

SV Le traitement de la myopie par laser est une intervention bien maîtrisée désormais.



Mais vous avez raison de souligner que certains effets indésirables peuvent apparaître, après ce qui reste – malgré sa banalisation – une intervention chirurgicale.

Et dans certains cas de presbytie ou de d'astigmatisme fort, le laser est même contre-indiqué. Nous ne manquerons pas de revenir sur ce sujet.

Cœur artificiel: un exploit qui ressemble à une impasse...



La prothèse cardiaque du professeur Carpentier (S&V n° 1157, p. 30) est un non-sens médical. Première remarque, pour vivre avec une prothèse grosse comme deux fois un cœur normal, il faut avoir une corpulence importante, ce qui exclut

les femmes et même les hommes moyens. Deuxième remarque, une autonomie de quelques heures seulement implique un rechargement et une surveillance constante. Troisième remarque, le câblage électrique relié à l'extérieur du corps à une batterie, on en frémit! Quatrième remarque, surveillance permanente du fonctionnement de la pompe. Quant à l'économie, ce cœur coûte il me semble autour de 170000 euros, plus

l'intervention, plus le séjour à l'hôpital, plus le suivi médical, je ne sais pas combien cela fait, mais cela doit être gigantesque, le tout multiplié par des milliers de malades; alors là, les bras m'en tombent: qui va payer? La Sécu? Elle explosera.

Alain Bullot, par Internet

SV Les réserves que vous soulignées sont réelles; et elles n'échappent du reste pas aux concepteurs du cœur artificiel, qui travaillent à améliorer

leur prototype, aussi bien en termes de taille que d'autonomie. Seul l'avenir dira s'ils y parviennent – auquel cas, la prothèse se "démocratisera" et le coût baissera... Faute de quoi cet exploit restera plus ou moins sans suite.

La boutique SCIENCE & VIE

Plus de 400

Livres

Idées cadeaux

Objets scientifiques ou insolites

WWW.
laboutiquescienceetvie.com

Veuillez rendre à l'impression 3D...

Dans votre édition de février 2014, votre article sur l'impression 3D indique que le premier procédé commercial d'impression 3D a été proposé par l'Américain Chuck Hull en 1986, sans préciser qu'un Français, Jean-Charles André, professeur à l'Ecole nationale supérieure des industries chimiques de Nancy, a breveté ce procédé en 1984.

M. Toupin, Crespières



Vous avez raison. L'impression 3D est, en toute rigueur, une invention française, brevetée en 1984 sous le titre "Dispositif pour réaliser un modèle de pièce industrielle".

CE QUE VOUS ATTENDIEZ :



CE QUE VOUS N'ATTENDIEZ PAS :

AVEC L'OFFRE PRÊT-À-VISITER,
jusqu' à

-40%^{*}
sur nos offres partout en France.

RÉSERVEZ AU MEILLEUR PRIX SUR **MERCURE.COM**

Télécharger dans
l'App Store

DISPONIBLE SUR
Google play

MERCURE PARIS CENTRE TOUR EIFFEL. PHOTO © PHILIPPE LOUZON/ABACA. * Voir conditions des offres sur mercure.com

LE CLUB ACCOR
HOTELS

REJOIGNEZ NOTRE PROGRAMME DE FIDÉLITÉ
MONDIAL SUR ACCORHOTELS.COM

REDÉCOUVREZ
MERCURE

Mercure
HOTELS

PLUS DE 700 HÔTELS
DANS LE MONDE.

La limite a-t-elle été dépassée ?

Notre article sur la limitation de vitesse (Science & Vie n°1156) a suscité nombre de réactions épidermiques. Florilège... et mise au point.

Coup de gueule !

Abonné depuis longtemps, la lecture de votre article m'a laissé une impression étrange, celle de ne pas lire *Science & Vie*. Cet article, totalement à charge, n'est pas vraiment scientifique. C'est un article coup de gueule, ou politique (d'où le mot "vote" dans votre titre?). *Nicolas Spring, par Internet*

Une vue étroite

Dans votre article très polémique, vous prêtez à vos adversaires de bien noires intentions. Ayez une vue plus large (thèse, antithèse, synthèse) et moins méprisante des gens, cela passerait mieux.

R.J. Besson, physicien et conducteur calme, par Internet

Arrogant

Ce qui est insupportable, c'est le ton arrogant de l'article. Nous, les Scientifiques, les Vrais, nous ne vous permettons pas de douter de Notre Parole, l'unique valable. Allons...

Dominique Marichez (Issy-les-Moulineaux), par Internet

SV Sur ce sujet bien sensible, tant il touche à la liberté de chacun de se déplacer, un constat s'impose: notre article a été mal perçu. Notre enquête visait uniquement à répondre à cette question: les limitations de vitesse ont-elles une influence réelle sur la mortalité routière? Suite à la révélation d'un projet d'abaisser la vitesse de 90 à 80 km/h sur les routes secondaires, de nombreuses voix s'étaient fait entendre pour contester l'effet de ces

mesures sur la mortalité. Cela a attiré notre attention... D'autant que deux récents rapports de la Société de calcul Mathématique – sorte de cabinet de consultants en mathématiques – appuyaient cette thèse. Ces documents, parés de tous les artifices de la science, se sont avérés, à l'examen, très insuffisants. En enquêtant auprès de chercheurs en sécurité routière, un champ de recherche académique, avec ses universitaires et ses journaux scientifiques,



Des conclusions absurdes!

C'est scientifiquement prouvé: en limitant la vitesse à 0 km/h, il n'y aurait plus de morts sur les routes. Lorsque la science s'acharne dans des démonstrations en faisant abstraction du référentiel qui l'entoure, elle en arrive toujours à des conclusions absurdes. [...] Je ne fais partie d'aucun lobby de la vitesse, mais seulement celui du bon sens.

Sébastien Delarue, Bordeaux, par Internet

Déçu, déçu!

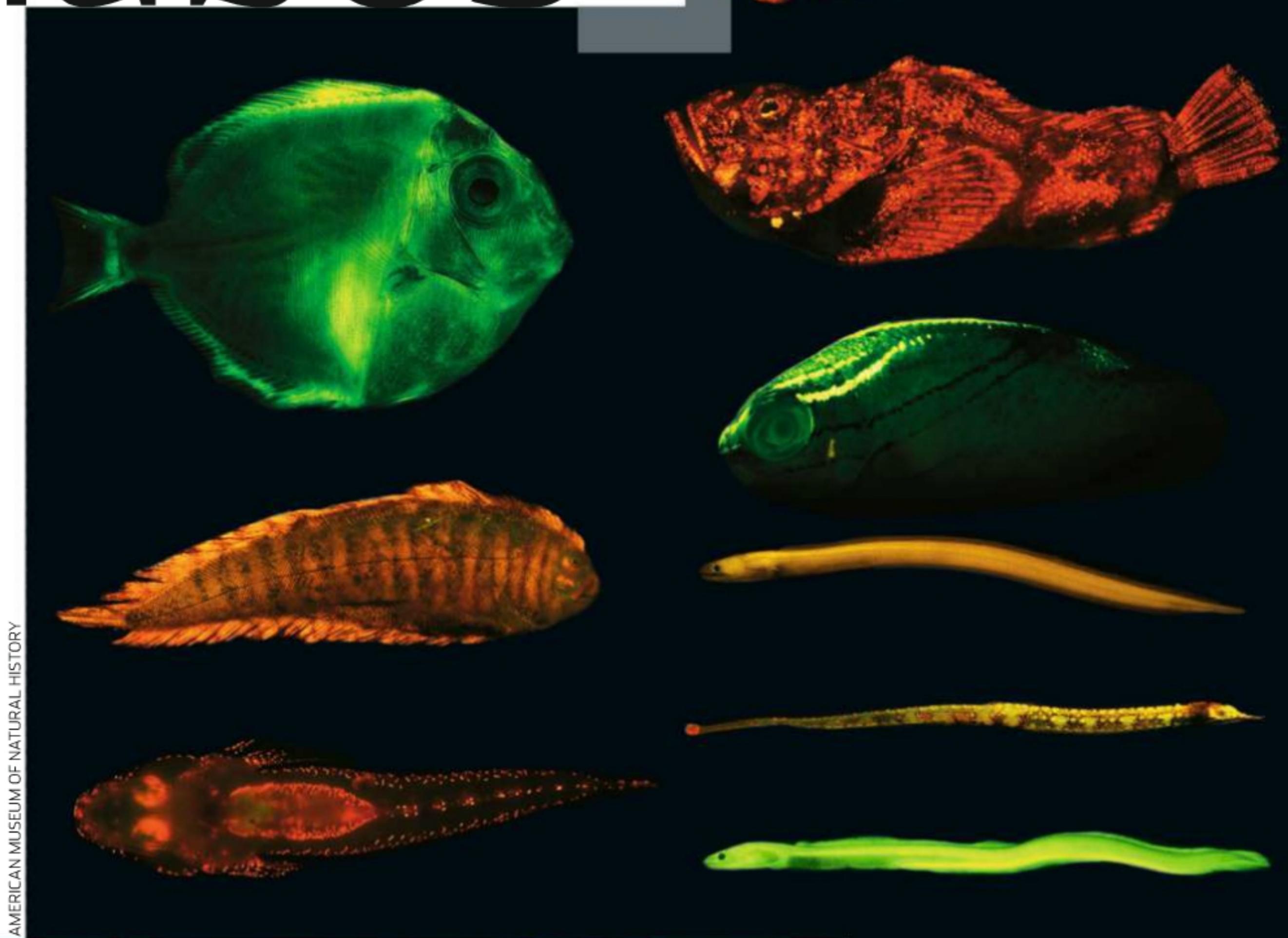
Enthousiaste à l'idée de lire cet article, j'ai été particulièrement déçu par son idéologie. Votre revue m'a toujours paru suivre un raisonnement scientifique des plus louables, au cours desquels deux parties exposent leurs arguments. Cela permet au lecteur de fonder sa propre opinion. Vous êtes une revue scientifique, pas politique! *David Tuchscherer, par Internet*

force a été de constater que l'ensemble des études aboutit à un consensus total sur les effets directs de la baisse des vitesses sur la mortalité. Il ne s'agissait là, de notre part, d'aucun parti pris – si ce n'est celui de la science. Si les chercheurs avaient conclu au résultat inverse, nous n'aurions pas hésité à les rapporter avec la même conviction. Telle est la démarche que poursuit notre

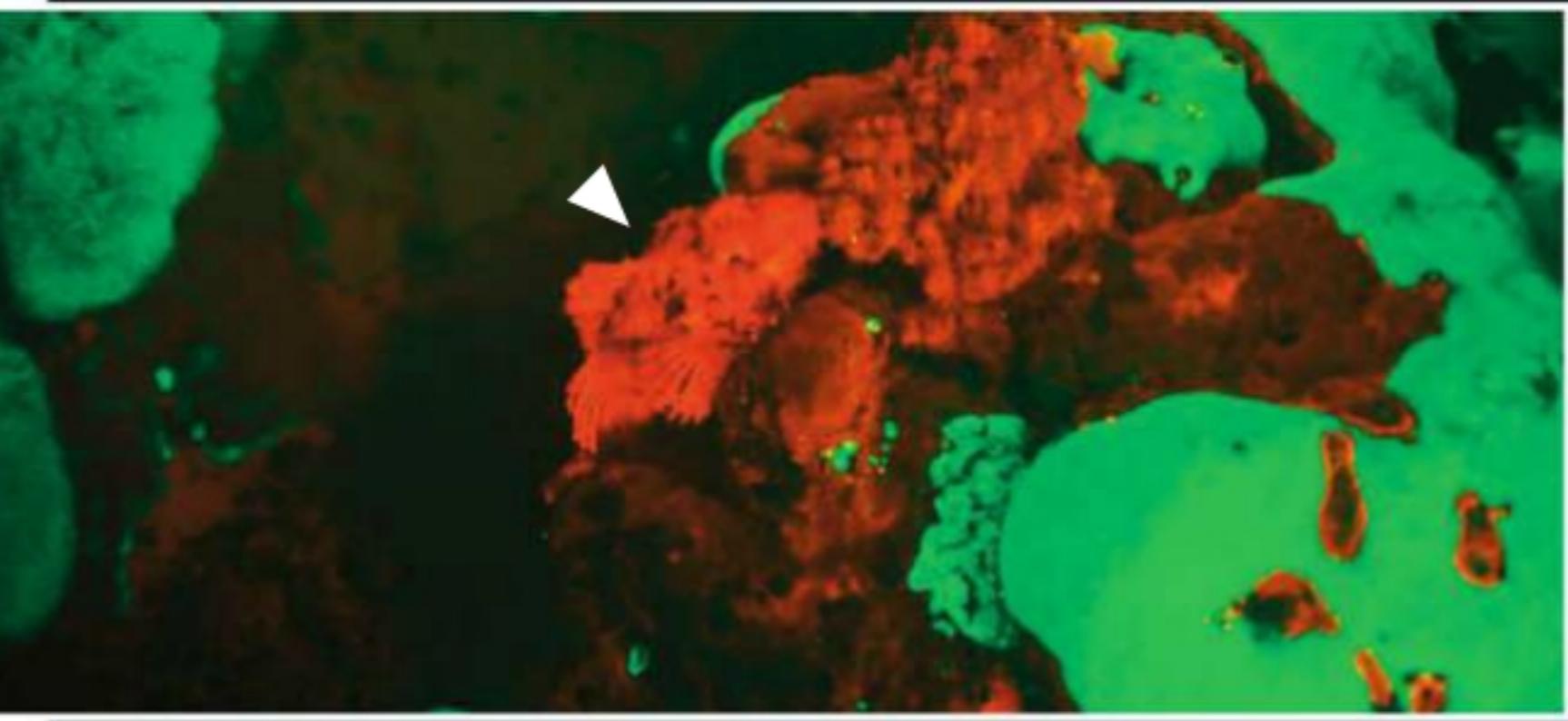
magazine depuis plus de 100 ans: mettre en valeur les vrais débats scientifiques, et dénoncer les faux débats et autres fabricants de doute là où il n'a pas lieu d'être. Charge ensuite à chacun de se faire son propre avis, en toute connaissance de cause, sur une question qui reste éminemment politique: faut-il, oui ou non, réduire la vitesse sur nos routes?

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

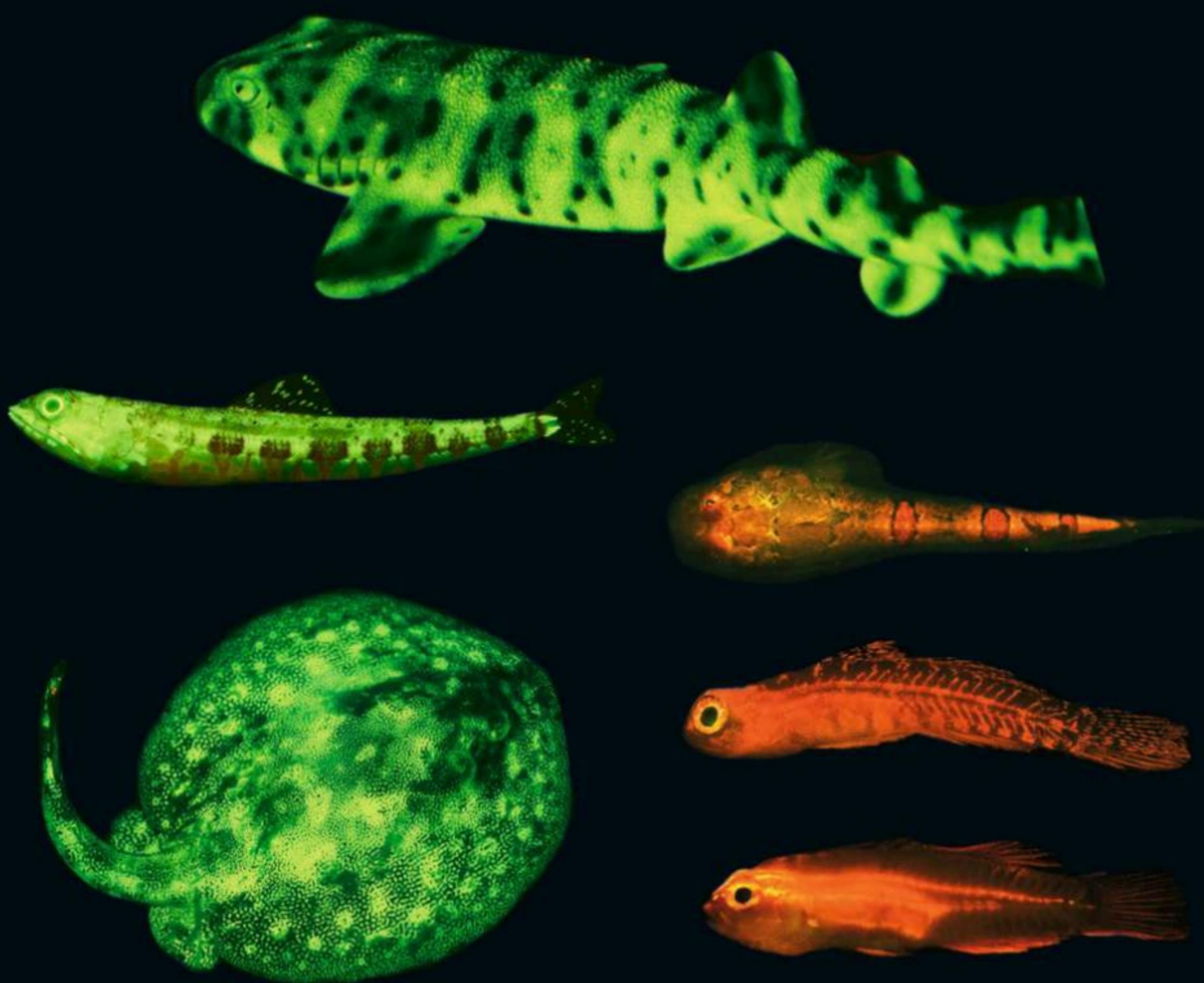
actus labos



AMERICAN MUSEUM OF NATURAL HISTORY



► 180 espèces de poissons se sont révélées être biofluorescentes : elles émettent une lumière rouge, verte ou orangée, invisible à l'œil humain, pour communiquer ou se camoufler (comme cette rascasse, à g.).



PHYSIOLOGIE ANIMALE

LES POISSONS BRILLENT POUR COMMUNIQUER

Ils sont encore tout émerveillés d'avoir observé ce que ne voyaient jusqu'à présent que certains poissons : une incroyable faune fluorescente, scintillant dans des tons rouges, verts et jaunes ! La découverte de ces biologistes du Muséum américain d'histoire naturelle est inattendue. Partis plonger de nuit au large de l'île Little Cayman, dans

les Caraïbes, ils voulaient filmer la biofluorescence émise par des coraux. Ces organismes sont connus pour absorber la lumière bleue (prédominante sous la mer) et réémettre cette énergie sous une autre longueur d'onde, comme le rouge ou le vert. Pour observer ce phénomène, les chercheurs ont projeté une lumière bleue et utilisé des caméras

équipées de filtres jaunes, éliminant à l'image le bleu parasite. C'est alors que, passant par hasard devant l'objectif, une anguille leur est apparue brillant d'un vert fluorescent ! Excités par cette découverte, ils sont repartis au large des Bahamas ainsi que dans l'océan Pacifique, non loin des îles Salomon. Ils ont aussi visité plusieurs grands aquariums.

La vie sous-marine s'est alors présentée à eux sous un tout nouveau jour. Raies, roussettes, rascasses... pas moins de 180 espèces de poissons ont dévoilé d'étonnantes reflets. Cette fluorescence serait un moyen de communiquer, notamment pour se faire la cour, voire de se camoufler au milieu des coraux afin d'échapper à un prédateur. O.D.



ARCHÉOLOGIE

STONEHENGE N'EST PAS LE PREMIER CERCLE DE PIERRES

D'où viennent ces grands cercles de pierres emblématiques du Néolithique européen, dont Stonehenge, en Angleterre, est l'archétype ? Longtemps, les archéologues ont pensé que le fameux monument en était aussi le prototype... C'est faux, ont constaté des équipes de fouilles en campagne dans les Orcades, un petit archipel venteux au nord de l'Ecosse. C'est là-haut, sur l'île de Mainland, vers 3200 av. J.-C. (400 ans plus tôt que Stonehenge), que l'homme a conçu cette architecture mégalithique. Certes, des pierres étaient déjà dressées depuis des siècles (comme à Carnac, en Bretagne, dès 4500 av. J.-C.), mais ce n'est que sur trois sites orkadiens que ce

nouveau type de construction est apparu. Non seulement les dernières datations au carbone 14 de fragments de charbon et d'os ont prouvé l'antériorité de ces sites sur leur prestigieux voisin anglais, mais l'analyse des pierres réservait aussi son lot de surprises... Ainsi, les 27 monolithes conservés (sur 60 à l'origine) du cercle de Brodgar (l'un des trois sites) proviennent d'au moins 7 carrières, parfois distantes d'une quinzaine de kilomètres ! Pour l'archéologue Colin Richards, de l'université de Manchester, ces sites sont donc des œuvres collectives mêlant diverses traditions, qui représentent des étapes clés dans l'établissement de sociétés hiérarchisées. E.R.



▼ Plus le caméléon casqué arbore des couleurs vives, plus il a de chances de vaincre son rival.



ÉTHOLOGIE

LE CAMÉLÉON MONTRÉ SA FORCE

Si les caméléons changent de couleur, ce n'est pas uniquement pour se camoufler. Deux chercheurs de l'université d'Etat de l'Arizona (Etats-Unis) ont montré que les caméléons casqués mâles utilisent cette

faculté pour communiquer avec d'autres mâles, probablement sur leur motivation ou leur force physique, avant et au moment de les affronter. Elle permettrait même de prédire l'issue du combat : les animaux arborant des rayures et une tête aux couleurs les plus vives ont plus de chances de s'approcher

UNE MAUVAISE HALEINE PEUT SAUVER LA VIE

La chenille du sphinx du tabac a une étonnante tactique pour échapper à son prédateur, l'araignée-loup : elle utilise la nicotine contenue dans les plantes qu'elle ingère. A chaque respiration, elle exhale un nuage毒ique, si nauséabond qu'il suffit à faire fuir l'araignée. M.S.

LA MANGOUTE JOUE COLLECTIF POUR SAUVER SES PETITS

C'est pour éviter l'infanticide que les mères mangoustes rayées synchronisent la naissance de leurs petits. Car les femelles dominantes tuent des portées entières si leur progéniture n'en fait pas partie... alors qu'elles épargnent la litière commune dans le cas inverse. M.S.

LA TOILE DE L'ARaignée BONDIT SUR SA PROIE

La glu qui recouvre le piège de l'épeire diadème attire l'eau ambiante. En se déposant sur les fils de soie, celle-ci forme des gouttelettes chargées électriquement. Lorsqu'une proie approche, la toile lui saute alors dessus, sous l'effet de l'électricité statique. L.C.

◀ Dans les Orcades, trois sites (ici, le cercle de Brodgar) accueillent les plus vieux exemples de ce type d'architecture mégalithique.

EN COULEURS

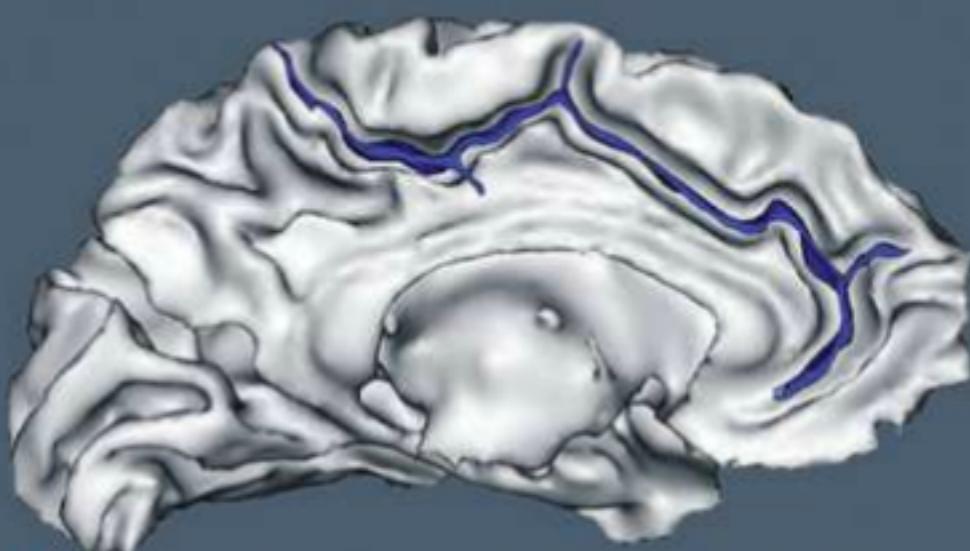
de leur rival et de le vaincre. La rapidité avec laquelle ils changent de couleur accentuerait le résultat. Selon les chercheurs, des teintes changeantes et vives trahiraient l'état hormonal et les réserves énergétiques de l'animal... deux éléments physiologiques directement liés à la force physique. G.S.

NEUROSCIENCES

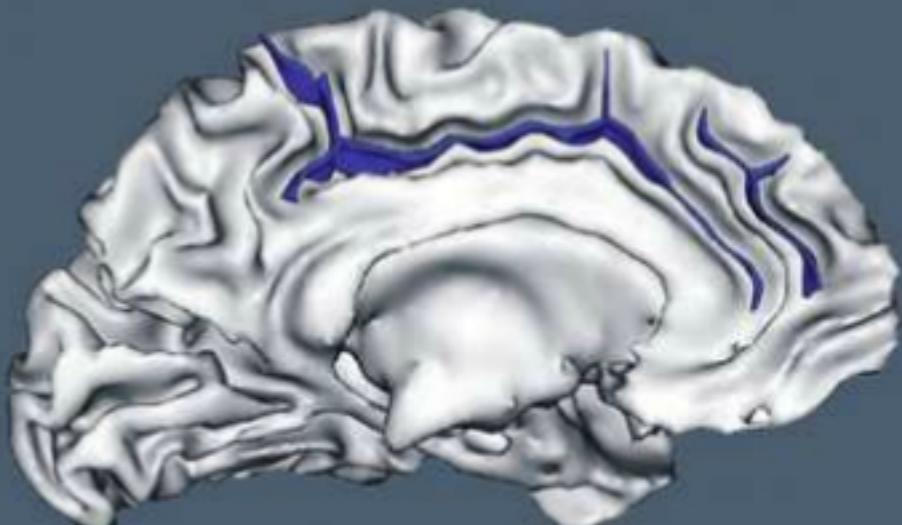
CHEZ L'ENFANT, LA FORME DU CERVEAU TRAHIT SA CAPACITÉ À RAISONNER

Selon la structure de leur cerveau, les enfants posséderaient de plus ou moins grandes facultés de contrôle cognitif, "un élément fondamental de l'intelligence et de la capacité à apprendre, une sorte de chef d'orchestre du cerveau qui permet, face à un problème, de privilégier la bonne stratégie de résolution", explique le neurologue Arnaud Cachia, qui a mené l'étude à l'université Paris-Descartes. Son équipe a soumis 19 enfants âgés de 5 ans à cet exercice : identifier, sur un montage photo, le corps d'un animal surmonté de la tête d'un autre animal. Résultat : ceux dont les deux hémisphères cérébraux sont asymétriques au niveau du cortex cingulaire (leur face interne) ont répondu plus vite et commis moins d'erreurs. "Un double sillon dans l'hémisphère gauche et un simple dans l'hémisphère droit semblent être la configuration dans laquelle les enfants ont un meilleur contrôle cognitif", détaille Arnaud Cachia. Toutefois, les chercheurs estiment que la structure du cortex n'est responsable que de 20 % de telles capacités, contre 80 % venant des facteurs environnementaux. Il est donc toujours possible de stimuler son aptitude au raisonnement en jouant de la musique, par exemple.

L.B.



AV Lorsque le cortex cingulaire présente un double sillon (ci-dessous à dr., en bleu), le contrôle cognitif est meilleur.

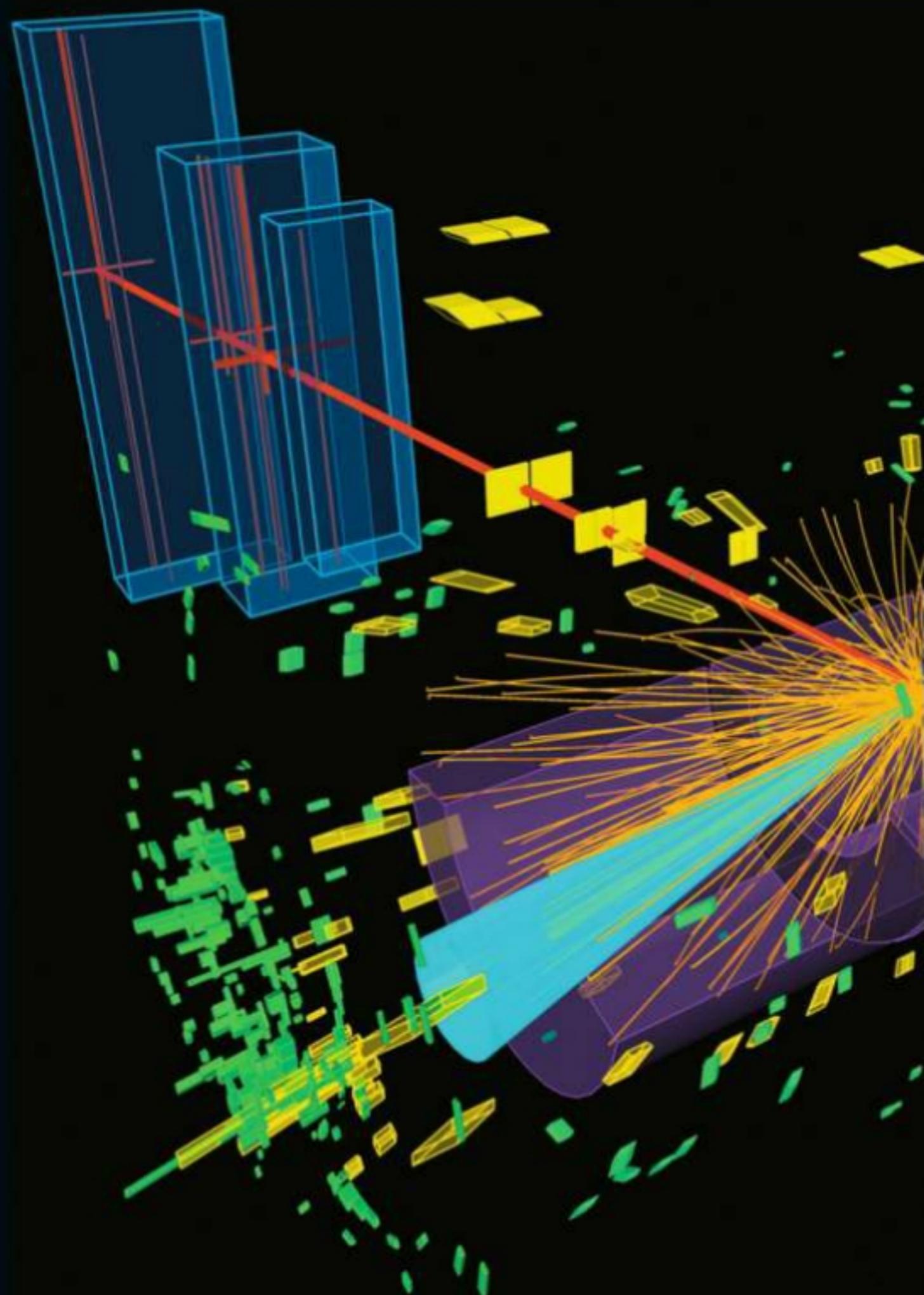


PHYSIQUE

LE BOSON DE HIGGS SE DEVOILE PEU À PEU

Passé l'euphorie de la découverte, annoncée en juillet 2012, les expérimentateurs de l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire (Cern), à Genève, s'affairent désormais à étudier en détail les propriétés du boson de Higgs. Ils viennent d'observer sa désintégration en deux leptons tau, une particule cousine de l'électron, mais 3 500 fois plus lourde. L'intérêt? Les spécialistes ont désormais étudié l'interaction du Higgs avec au moins un représentant de chacune des deux familles de particules: celles qui véhiculent les forces (bosons) et celles qui constituent la matière (quarks et leptons). De quoi confirmer, au vu des résultats, que le boson

si longtemps recherché est l'entité associée au mécanisme qui confère sa masse à la matière. *“Le modèle standard et le mécanisme de Higgs offrent bien une vision cohérente de la matière élémentaire”*, résume Yves Sirois, codécouvreur du Higgs. Du reste, les résultats publiés depuis un an et demi sont compatibles avec l'actuelle théorie des particules, sans qu'il soit nécessaire d'y adjoindre un bloc de “nouvelle physique”. La masse mesurée du boson de Higgs permet même d'envisager d'étendre la validité du modèle standard jusqu'à l'échelle de Planck, où l'infiniment grand et l'infiniment petit se touchent du doigt. De quoi faire du Higgs la particule ultime. M.G.



◀ L'ornithorynque a perdu les gènes qui lui auraient permis de retrouver un jour un estomac.

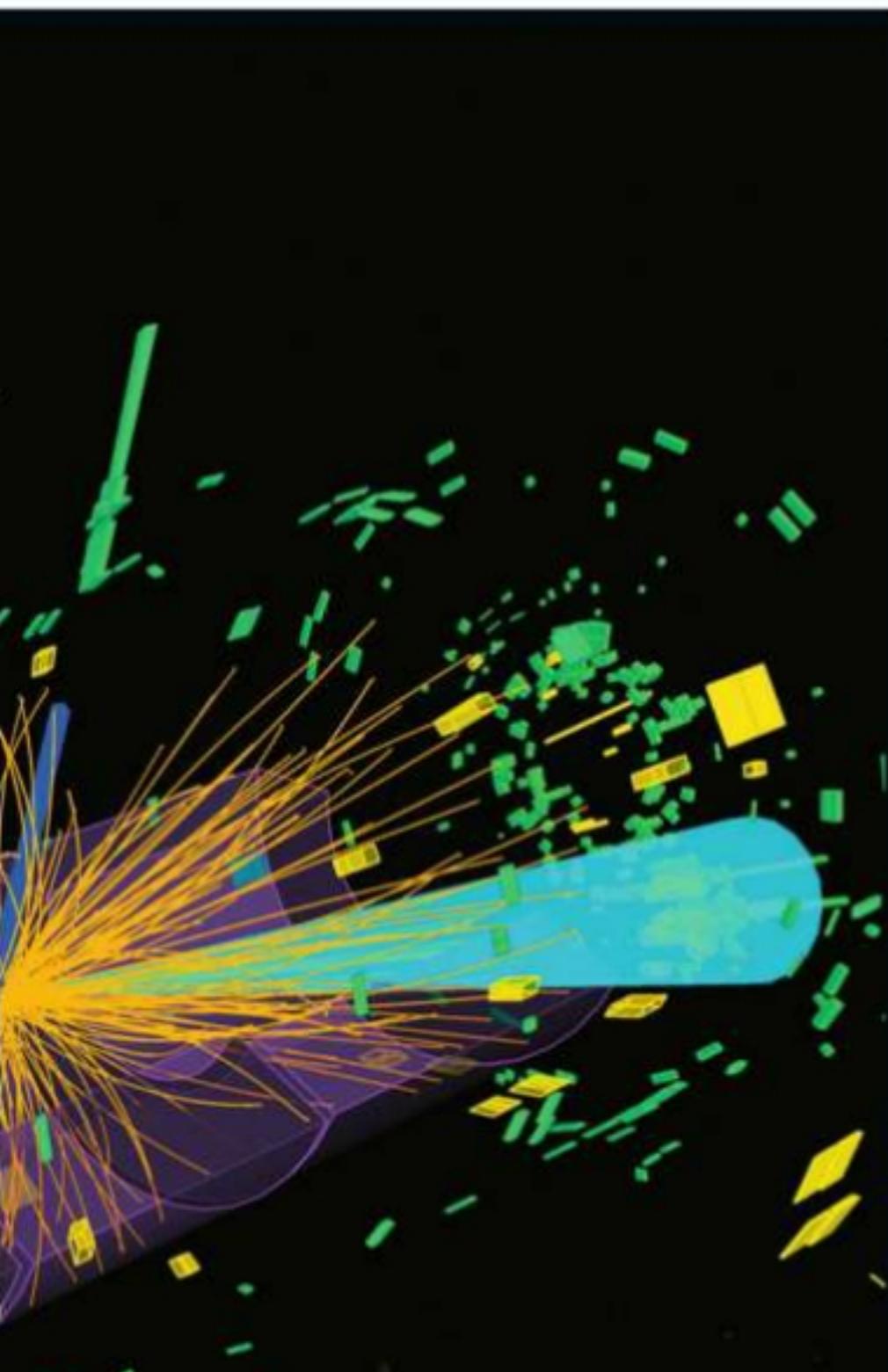


ÉVOLUTION

LES ESPÈCES PRIVÉES D'ESTOMAC

L'ornithorynque, dont l'estomac a été supprimé au cours de l'évolution, n'a aucune chance d'en retrouver un jour! Il a en effet perdu les gènes qui le lui auraient permis. Il n'est pas le seul... Ces gènes, à l'origine des

pepsines et des acides qui ramollissent et décomposent les aliments, ont disparu chez tous les animaux sans estomac: les monotrèmes, ces vertébrés à la fois ovipares et mammifères (ils pondent des œufs mais allaitent leurs petits) dont il fait partie, mais aussi les chimères (poissons des abysses) ou les



◀ L'équipe du Cern a observé la désintégration du Higgs en deux leptons tau : on sait désormais comment il réagit avec toutes les particules.

LE RESTERONT

dipneustes (poissons munis de poumons). C'est ce qu'a découvert une équipe portugaise en examinant le génome de 14 espèces avec ou sans estomac. L'ornithorynque devra donc continuer à broyer finement ses aliments avec son bec de canard, son gosier étant directement connecté à ses intestins.

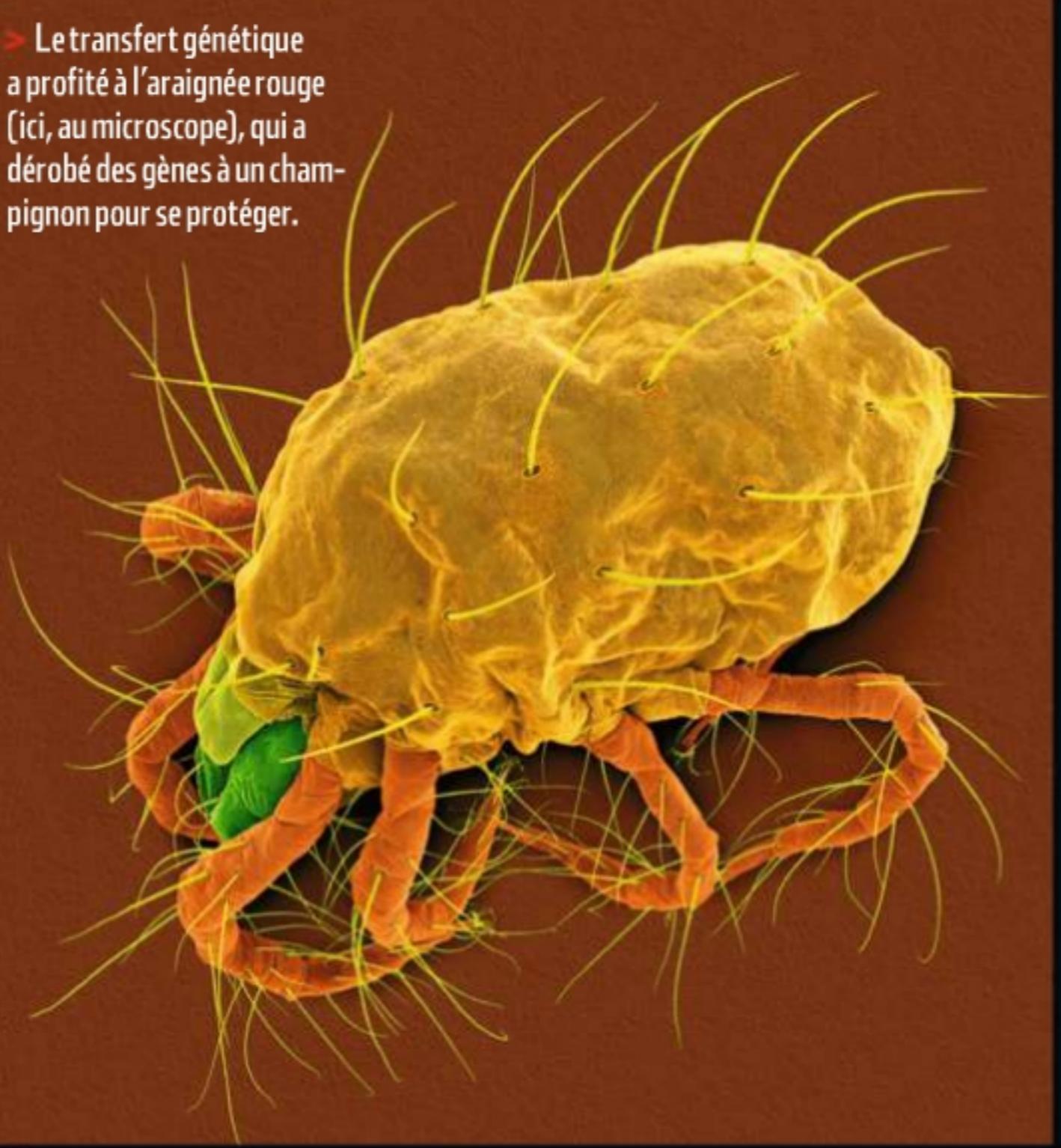
R.B.

GÉNÉTIQUE

ENTRE ANIMAUX, SE VOLER DES GENES EST CHOSE BANALE

Comment les gènes d'une algue peuvent-ils se retrouver chez une limace de mer ? Un tel transfert génétique – dit horizontal – entre deux espèces serait en fait plus fréquent que prévu. Le phénomène était déjà connu chez les bactéries, mais on pensait qu'il était freiné, chez les eucaryotes (les organismes dont les cellules possèdent un noyau), par leur mode de reproduction sexué. Or, depuis cinq ans, de plus en plus de cas ont été répertoriés chez ces derniers grâce au séquençage de leur génome. Luis Boto, du Musée national des sciences naturelles de Madrid, a passé en revue plus de 70 études sur les métazoaires, des eucaryotes pluricellulaires. Chez les insectes et les nématodes, notamment, un tel transfert de gènes, *via* les bactéries vivant en symbiose avec eux, semble assez commun. Le puceron vert du pois et l'araignée rouge, quant à eux, auraient dérobé à un champignon plusieurs gènes clés pour la biosynthèse de caroténoïde. Ce pigment, à l'origine de leur diversité de couleurs, leur procure une arme contre leurs prédateurs, et donc un avantage évolutif. Ce type de mécanisme pourrait aussi se produire chez des vertébrés, et même chez l'homme : "Un tel transfert entre des bactéries présentes chez l'homme et les cellules somatiques [non sexuelles] pourrait jouer un rôle dans le développement de cancers", indique Luis Boto. S.C.

► Le transfert génétique a profité à l'araignée rouge (ici, au microscope), qui a dérobé des gènes à un champignon pour se protéger.



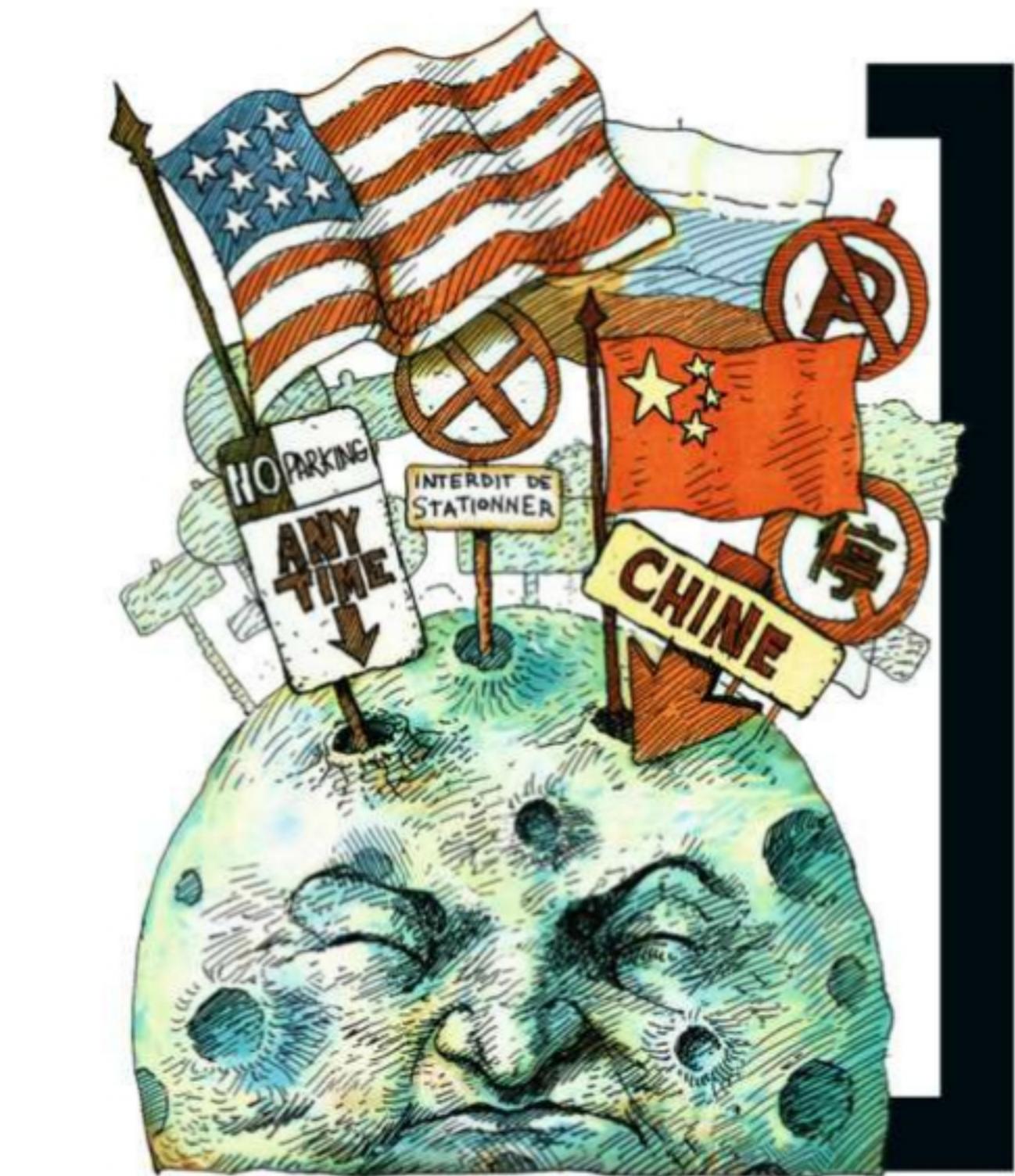
CERN - D.PARER & E.PARER-LOOK/MINDEN/BIOS - MEDIA FOR MEDICAL

FAITES LA SCIENCE PLUTÔT QUE LA GUERRE

Par Mathilde Fontez

Cela paraît bien tiède... mais c'est déjà beaucoup. Le 9 janvier, lors du Forum ministériel international d'exploration de l'espace, sorte de grand-messe annuelle où les agences spatiales récapitulent leurs projets, les responsables américains ont laissé entendre qu'ils ne voyaient pas d'objection à collaborer avec l'Agence spatiale chinoise. "C'est incontestablement une détente", nous confie un spécialiste français de la politique spatiale internationale. Voici peut-être le moment que les astronomes attendaient. Le moment où la conquête spatiale va devenir vraiment internationale. Car si, en se réunissant il y a 20 ans pour mener le grand projet de la Station Spatiale Internationale, l'Europe, le Canada, le Japon, les Etats-Unis et la Russie avaient entamé une nouvelle ère d'exploration pacifique, laissant derrière eux les crispations nationalistes héritées de la Seconde Guerre mondiale... un conflit latent continuait de faire obstacle aux grandes collaborations : celui qui oppose les Etats-Unis et la Chine.

Les tensions semblaient même à leur comble entre la première, qui continue de détenir le titre de plus grande nation spatiale, et la seconde, qui fait montre de vastes ambitions en lançant depuis quelques années un programme comprenant la construction d'une station spatiale, la maîtrise du lancement de fusées, l'envoi de sondes robotisées sur la Lune... Les signes d'hostilité étaient nombreux : il y a eu cette loi américaine, votée en 2011, qui interdit toute collaboration entre la Nasa et la Chine. Puis cet incident diplomatique, à l'automne dernier : les plus éminents spécialistes américains des exoplanètes menaçant de boycotter leur propre congrès pour que leurs confrères chinois puissent avoir l'autorisation d'y assister. Et surtout, cet été, une proposition de loi aberrante : en réaction au lancement du rover chinois *Yutu*



vers la Lune, le Congrès américain proposait de protéger les sites des missions Apollo et de garder intacts les premiers pas de l'homme sur la Lune en n'en faisant rien de moins que la propriété de l'Etat ! Une proposition en contradiction totale avec le Traité international de l'espace que le Congrès a lui-même ratifié en 1967...

Mais aujourd'hui, pour la première fois, c'est le signal inverse que viennent d'envoyer les représentants américains : dans les années à venir, un projet pourrait en effet réunir la Chine et les Etats-Unis. Il ne s'agira pas d'une collaboration bilatérale : la loi de 2011 continue de l'interdire. Mais les responsables américains ne s'opposeront plus à ce que, par exemple, la Chine participe à la Station spatiale internationale, dont le fonctionnement vient d'être prolongé jusqu'en 2024. Et c'est une excellente nouvelle pour la science. Car, comme les spécialistes de l'exploration spatiale – y compris américains – ne cessent de le rappeler au travers de nombreuses tribunes, dont la dernière est parue dans la revue *Science* au mois de novembre dernier : les grandes missions du futur, celles qui transforment la vie sur les exoplanètes, qui enverront des hommes sur Mars ou qui exploreront l'océan souterrain d'Europe (la lune de Jupiter), nécessitent de tels budgets et de telles avancées techniques qu'elles ne pourront laisser une puissance économique et scientifique à l'écart. Avec la Chine au côté des Occidentaux, tous les rêves sont permis.

C'EST LA PREMIÈRE FOIS QUE LES ÉTATS-UNIS S'ÉDENT PRÊTS À TRAVAILLER AVEC LA CHINE

NOUVEAU CROSSOVER PEUGEOT 3008

PRENEZ LA ROUTE DES SENSATIONS



NETC Automobiles PEUGEOT 3008 144 500 RC3 Port.

GRIP CONTROL COCKPIT AVIATION AFFICHAGE TÊTE HAUTE

PEUGEOT RECOMMANDÉ TOTAL Consommation cycle mixte (en l/100 km) : de 4,2 à 7,6. Émissions de CO₂ (en g/km) : de 110 à 175.
Équipements de série, en option ou indisponibles selon versions. Grip control : anti-patinage optimisé.

ORIGINE
FRANCE*
GARANTIE

BYCerL 6033203

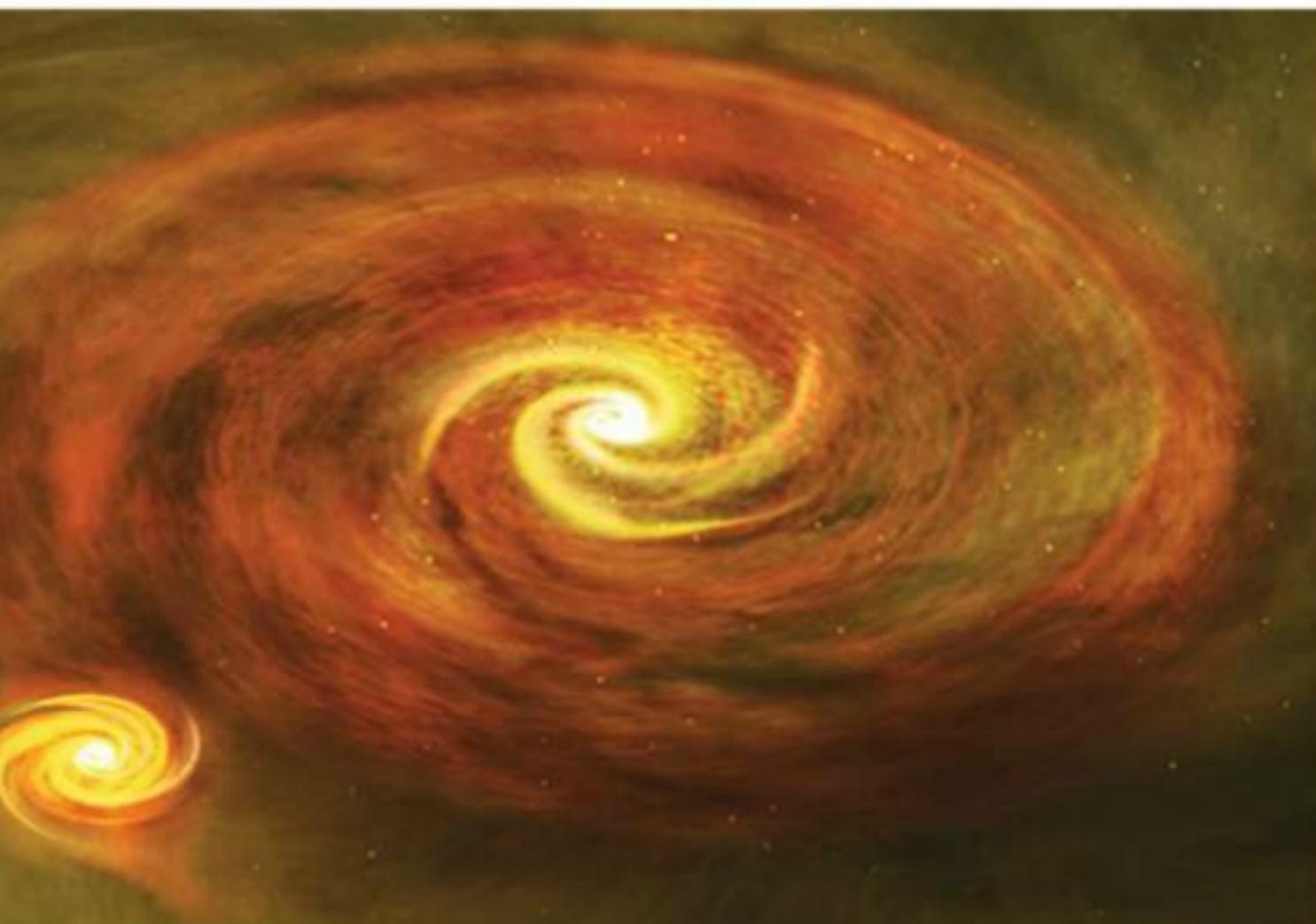
NOUVEAU CROSSOVER PEUGEOT 3008

MOTION & EMOTION



PEUGEOT

► Autour de la première étoile (à dr.) se forme un disque de poussières et de gaz... duquel émerge un second astre (à g.).



ASTROPHYSIQUE

LES ÉTOILES DOUBLES NAISSENT EN DEUX TEMPS

“La seule façon de savoir comment naissent les étoiles doubles, c'est-à-dire la moitié des soleils de l'Univers, était de tomber sur l'un de ces duos au tout premier stade de son évolution... Et nous y sommes parvenus deux fois!”, s'exclame John Tobin. En ciblant deux jeunes étoiles dans le nuage moléculaire de Céphée avec le radiotélescope Very Large Array, cet astrophysicien de

l'Observatoire américain de radioastronomie s'est aperçu que ces étoiles gravitaient chacune à côté d'une compagne encore en formation. *“Nous avons observé la présence d'un disque de poussières, qui nous a permis de trancher entre les différents mécanismes imaginés pour expliquer la formation de ces couples stellaires”,* ajoute le chercheur. Plus besoin d'invoquer de complexes ballets

dynamiques qui rapprocheraient des étoiles formées chacune de leur côté jusqu'à les unir gravitationnellement. Les étoiles doubles naissent dans le même cocon, l'une après l'autre: la première est issue de l'effondrement d'un nuage, qui entraîne autour de lui des poussières et des gaz jusqu'à former un disque dans lequel un autre effondrement se produit... et une seconde étoile apparaît. M.F.

ENDOCRINOLOGIE

“L'hormone de l'amour” joue aussi un rôle dans la mémoire des visages

Connue pour favoriser les liens sociaux, l'ocytocine, surnommée “hormone de l'amour”, influence aussi notre capacité à nous souvenir des visages.

Des analyses comportementales et génétiques, menées par une équipe anglo-finlandaise auprès de 200 familles, l'ont révélé: la difficulté à se rappeler un visage déjà vu est liée à une simple variation du gène codant pour le récepteur de cette hormone. De quoi ouvrir des pistes pour la prise en charge de l'autisme, où le traitement de l'information sociale est perturbé. E.L.T.

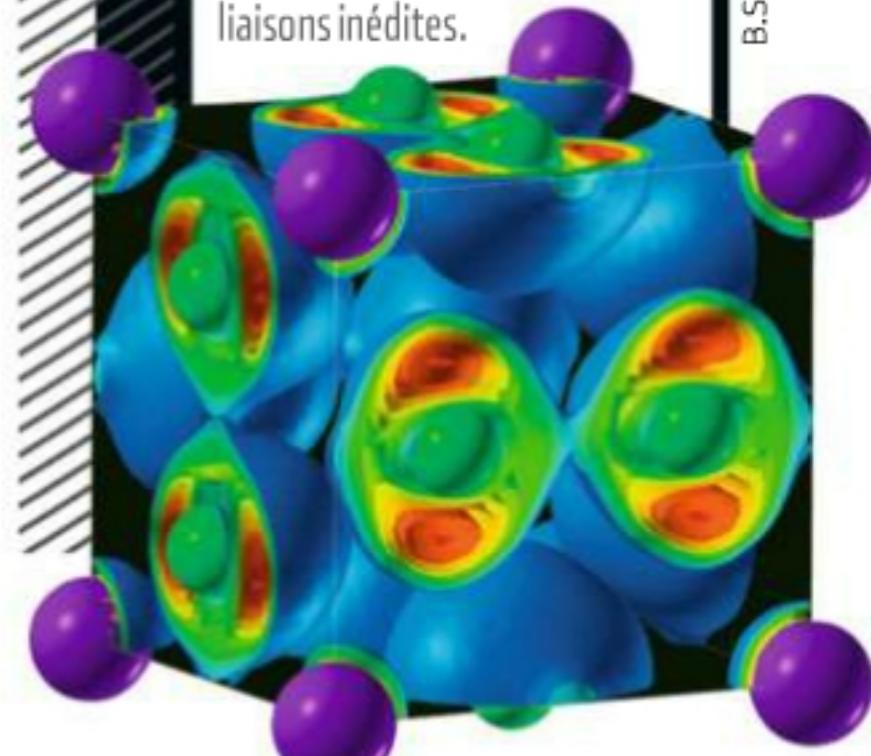
CHIMIE

SOUS PRÉSSION, LE SEL RÉAGIT ÉTRANGELEMENT

C'est inscrit dans tous les livres de chimie: Na^+ et Cl^- , les ions sodium et chlorure, se lient en proportions égales pour former le sel. Sauf qu'Artem Oganov, physicien à l'université d'Etat de New York (Etats-Unis), vient de montrer qu'à haute pression, ces deux ions deviennent... fous! Comprimés jusqu'à des dizaines de gigapascals, ils s'associent de manière totalement inédite. *“Des configurations deviennent stables, les liaisons chimiques changent... Résultat: ces sels se mettent à réagir différemment”,* précise le chercheur. Qui prévient qu'il faudra désormais tenir compte de ce phénomène dans les modèles d'évolution des coeurs planétaires, de naissance des étoiles... bref, partout où règnent les pressions extrêmes. M.F.

▼ Comprimés, les ions Na^+ (violet) et Cl^- (vert) forment des liaisons inédites.

B.SAXTON/NRAO/AUI/NSF - ARTEM OGANOV/STONY BROOK UNIVERSITY



ATTEIGNEZ DES SOMMETS.

Lo Bruno



Nouvelle Jeep® Grand Cherokee.

Découvrez la Nouvelle Jeep® Grand Cherokee équipée de série de projecteurs bi-xénon, de feux de jour apportant une signature visuelle inédite, de phares intelligents et de projecteurs directionnels⁽¹⁾ qui suivent le tracé de la route, du système ParkView® (caméra de recul avec affichage dynamique sur l'écran multimédia) et d'un radar anticollision⁽²⁾. Toutes ces technologies avec sa nouvelle boîte automatique à 8 rapports vous apportent sécurité et confort quelles que soient les conditions.

Consommation mixte (l/100 km) moteur 3,0 V6 CRD : 7,5. Émissions de CO₂ (g/km) : 198. (1) De série sur Summit. (2) De série sur Overland et Summit. I am Jeep® : « Je suis Jeep® ». Jeep® est une marque déposée de Chrysler Group LLC.

I am Jeep® 00 800 0 426 5337
00 800 0 I AM JEEP

Suivez Jeep® sur la page facebook.com/JeepFrance

Jeep®



ENDOCRINOLOGIE

MÊME ADULTE, LE BONOBO RESTE UN GRAND ENFANT

Les bonobos sont connus pour être des créatures pacifiques. Ainsi, pour régler les conflits, ils ont plus volontiers recours aux rapports sexuels qu'à la bagarre. Les mâles entretiennent des amitiés platoniques avec les femelles et restent attachés à leur mère, même à l'âge adulte. D'où vient cette bonhomie? Selon des chercheurs de l'Institut Max-Planck de Leipzig (Allemagne), elle s'expliquerait par le maintien, même après la puberté, d'un taux élevé d'hormones

thyroïdiennes – ce qui n'est le cas ni chez les chimpanzés, plus agressifs, ni chez les hommes. A partir d'échantillons d'urine de 96 bonobos et de 100 chimpanzés, âgés de 1 à 56 ans et vivant en captivité, les scientifiques ont observé que la chute de ces hormones survient bien plus tard chez les premiers (vers 20 ans) que chez les seconds (vers 10 ans). Selon eux, ce décalage correspondrait au retard, déjà constaté, du développement des fonctions cognitives chez les

bonobos, et expliquerait également leur non-agressivité. En quelque sorte, ces singes resteraient d'éternels enfants. Mais le plus intéressant, selon Verena Behringer, la chercheuse à l'origine de cette découverte, c'est que *"la baisse du taux d'hormones thyroïdiennes des humains modernes, qui a lieu entre 12 et 15 ans, se situe entre celle des chimpanzés et celle des bonobos. Ce qui ouvre la possibilité de spéculer sur le rôle de ces hormones dans l'évolution"*. M.R.

▲ Le caractère pacifique du bonobo serait lié au maintien d'un taux d'hormones qui, chez d'autres singes, chute après la puberté.

ÉVOLUTION

NEANDERTAL A ARMÉ CONTRE LE SOLEIL LES ASIATIQUES

Si nous possédons des gènes de Neandertal, certains d'entre eux auraient été maintenus en raison de leur avantage adaptatif. Des chercheurs chinois ont montré qu'une région située sur le chromosome 3 et comptant 18 gènes provient, chez 49,4 % des Japonais et 66,5 % de certaines populations chinoises, de Neandertal. Or, plusieurs de ces gènes confèrent une meilleure résistance aux UV. Perdue par les hommes modernes lors de leur sortie d'Afrique, cette faculté aurait été en partie réintroduite chez les Asiatiques via le génome néandertalien. C.H.

MATHÉMATIQUES

L'ancêtre de nos tables de multiplication est chinoise

Ces lames de bambou (21 au total), léguées à l'université Tsinghua de Pékin, constituent une table de multiplication vieille de plus de 2 300 ans. Le croisement d'une colonne et d'une ligne permet d'obtenir le produit des nombres gravés sur les lames (0,5, les chiffres de 1 à 9 et les multiples de 10 jusqu'à 90). Si les plus vieilles tables de multiplication sont babyloniennes (4 000 ans), celle-ci est la plus ancienne en système décimal découverte à ce jour. C.H.

▼ L'objet est composé de 21 lames de bambou gravées.





So sexy...

So Swift



GAMME NOUVELLE SWIFT À PARTIR DE 9 990 €⁽¹⁾

«Je ne résiste jamais à un côté sexy. Ma nouvelle Swift, c'est comme ça qu'elle m'a séduite, son élégance et son design m'ont fait fondre. En 3 ou 5 portes, compacte, maniable et entièrement personnalisable, ma Swift et moi, on se ressemble et notre histoire n'est pas prête de s'arrêter. Et avec tous ces nouveaux équipements, il faut que je me méfie, elle aura bientôt plus de succès que moi.»

GARANTIE ASSISTANCE 3 ANS
ou 100 000 km au 1^{er} terme échu

WWW.SUZUKI.FR



(1) Prix TTC de la nouvelle Swift 1.2 VVT Avantage 3 portes, après déduction d'une remise exceptionnelle de 1800 € offerte par votre concessionnaire Suzuki. Offre réservée aux particuliers dans la limite des stocks disponibles valable pour tout achat d'une Swift neuve nouvelle gamme du 02/01/2014 au 31/03/2014. Modèles présentés: Swift 1.2 VVT Pack 5 portes, 14 790 € + peinture métallisée So'Color: 750 €. Consommations mixtes CEE nouvelle gamme Swift (l/100 km) de 3,9 à 5,5 - émissions de CO₂ (g/km) de 101 à 129. Prix TTC conseillés clés en main, tarif au 02/01/2014. So sexy... So Swift : Tellement sexy... Tellement Swift. . *Way of Life! : Un style de vie.

CHROMOSOMES X

L'HÉRITAGE DE NOS PARENTS SE VOIT !

En colorant les chromosomes X de souris femelles, des chercheurs ont établi ce qui tient plutôt du père ou plutôt de la mère au sein de chacune de leurs cellules. Avec des surprises à la clé...

Ce sont de curieux tableaux pointillistes dans un camaïeu inattendu. Des compositions jusque-là inédites qui ont impressionné les biologistes. Et pour cause: pour la première fois, voici visualisé, sur les organes de souris femelles (cœur, rétine, langue, intestin...), les cellules qui expriment le chromosome X provenant de leur père, et celles qui expriment le chromosome X venant de leur mère. On voit enfin, chez ces femelles, le mélange intime et unique de l'héritage de chacun de leurs parents. Mélange qui existe aussi chez les femmes.

UNE STRUCTURE ATYPIQUE

Cette première, on la doit au biologiste Jeremy Nathans, de l'université Johns-Hopkins, à Baltimore (Etats-Unis), qui a eu l'idée de marquer ces deux X avec des couleurs différentes grâce à des gènes codant des protéines fluorescentes. Une astuce qui ne pouvait fonctionner qu'avec cette paire de chromosomes, en l'occurrence les chromosomes sexuels (XX chez les femelles et XY chez les mâles), quand la

souris en possède 20 en tout... Parce que cette paire XX est la seule dont un des chromosomes est toujours éteint: dans chaque cellule, c'est soit le X du père, soit celui de la mère qui est allumé. Découverte il y a 50 ans, cette "inactivation du chromosome X" découle du statut particulier de cette paire: alors que tous les autres couples sont homogènes, le X peut s'appareiller à un autre X ou à un Y plus petit. La machinerie génétique doit alors gérer ce déséquilibre. Cela passe par l'extinction, dès le sixième jour chez les embryons des mammifères femelles, de l'un de leurs X au profit de l'autre, et cela, au cœur de chaque cellule. Quasiment aucun des gènes de l'X éteint ne sera ensuite exprimé.

Si le principe est limpide, les généticiens l'expliquent mal, et la répartition physique de ces inactivations restait inconnue. Mais grâce à ce marquage, Jeremy Nathans a pu voir en direct quel X s'éteint dans une cellule de peau ou d'intestin... Bluffant tout le monde. Car on découvre, par exemple, si le cerveau ou

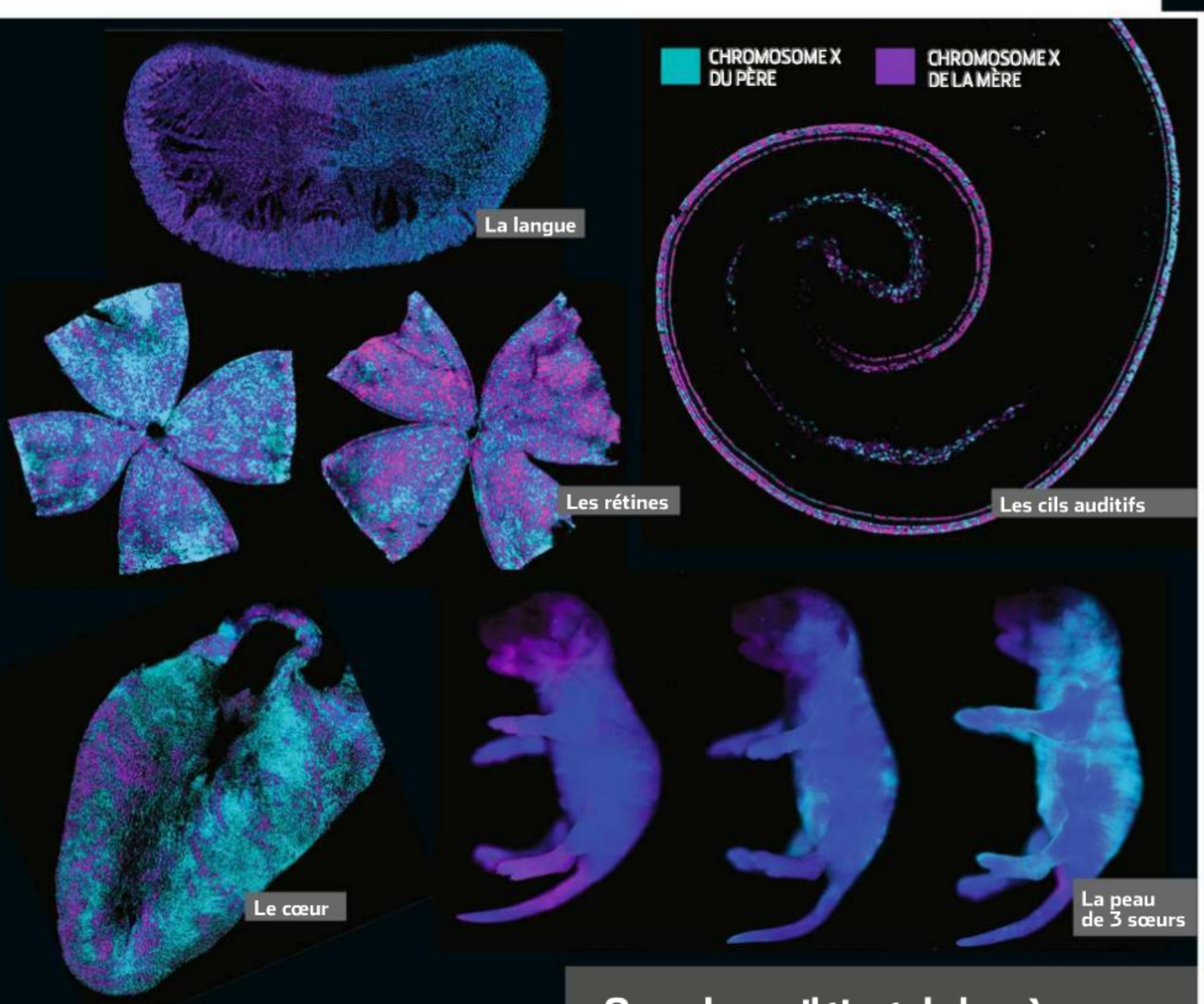


FAITS & CHIFFRES

La souris a **20 paires de chromosomes**, dont une paire de chromosomes sexuels. Chez les mammifères, cette paire est atypique: une femelle a deux X et le mâle un X et un Y. Une différence importante: sur les **23 150 gènes** de la souris, **un millier sont sur le X** contre 350 sur le Y.

les yeux d'un individu utilisent son côté paternel ou maternel ! Mais attention: ce qui vaut pour une souris ne vaut pas pour ses sœurs. Et aucun organe ne se réclame spécifiquement d'un des géniteurs. Les cartes sont redistribuées dans chaque embryon.

Ainsi, le choix, par la cellule, d'inactiver l'un ou l'autre X semble arbitraire: d'un individu à l'autre, d'un tissu à l'autre et même au sein d'un organe donné, aucune règle ne se dégage. Mais une fois qu'une cellule mère a "fait son choix", sa descendance s'y tient. Disposition des couleurs, motifs poly-



chromes ou non témoignent des migrations des cellules: une large tache uniforme indiquera peu de mouvements, quand des couleurs très mélangées évoqueront de gros déplacements. Leur ratio renseigne, lui, sur le nombre de cellules impliquées dans un organe: plus elles sont nombreuses, plus les couleurs s'équilibreront.

De quoi aider à comprendre les effets de certaines maladies génétiques chez la femme. Porteuse de la maladie sur un seul de ses X, elle peut la développer de façon inhabituelle: les chercheurs voient maintenant littéralement pourquoi.

E.R.

Quand un œil tient de la mère... et l'autre plutôt du père

Ces clichés font apparaître les particularités génétiques propres à chaque souris. Marqués d'une couleur spécifique selon qu'ils viennent du père ou de la mère, les chromosomes X colorent différemment (nous avons opté ici pour le rose et le bleu) les tissus qu'ils composent. Surprise! Il n'y a aucune similitude entre souris sœurs: certaines expriment ainsi davantage le X d'un des parents (voir ici la peau). Quant à leurs organes, ils témoignent des deux héritages, quelques fois de façon très distincte (comme les rétines et la langue), ou plus équilibrée (cas du cœur, des cils auditifs). Les bandes colorées révèlent le sens de migration des cellules (l'intestin) quand, dans d'autres cas (le diaphragme), des cellules fusionnent, créant une palette de violets.

POLLUTION DE L'AIR

ON SAIT OÙ LES PARTICULES FINES TUENT LE PLUS

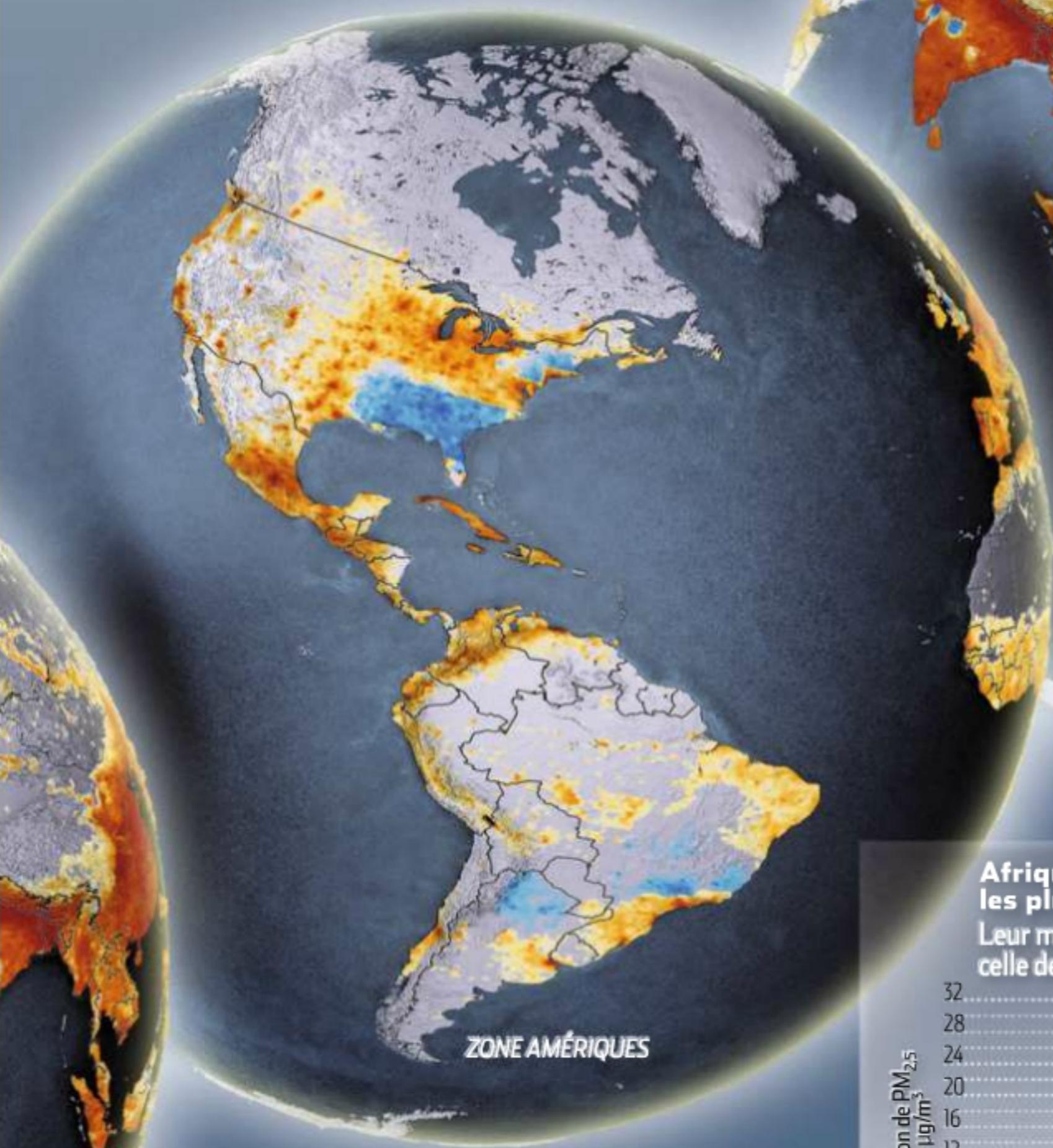
On connaît désormais la carte précise des ravages de la pollution de l'air par les particules fines – le polluant atmosphérique le plus nocif pour la santé. Pour l'obtenir, l'équipe de Jason West, de l'université de Caroline du Nord (Etats-Unis), a d'abord estimé, à partir de six modèles climatiques, la pollution engendrée entre 1850 – avant les combustibles fossiles – et 2000. Elle a ensuite recensé les taux de mortalité par maladies cardio-pulmonaires, cancer du poumon et maladies respiratoires chez les plus de 30 ans sur tout le globe, et relié les deux phénomènes. Résultat: l'est de la Chine, l'Inde, l'Europe et la plupart des mégapoles paient le plus lourd tribut, avec parfois plus de 1 000 décès annuels par 1 000 km². La situation s'est améliorée dans une poignée de régions seulement, comme le sud-est des Etats-Unis, où les rejets de particules issus de la combustion de bois ont chuté. *“La pollution de l'air en Inde et en Afrique est déjà très forte et va certainement s'aggraver, résume Jason West. Aux Etats-Unis et en Europe de l'Ouest, elle commence en revanche à baisser, tandis que des signes encourageants apparaissent en Chine en faveur d'une meilleure qualité de l'air.”* G.S.



ZONE AFRIQUE
ET EUROPE

Evolution de la mortalité liée à la pollution aux particules fines entre 1850 et 2000

Nombre de décès annuels par 1000 km² dus à la pollution de l'air par les PM_{2,5} (particules inférieures à 2,5 µm).



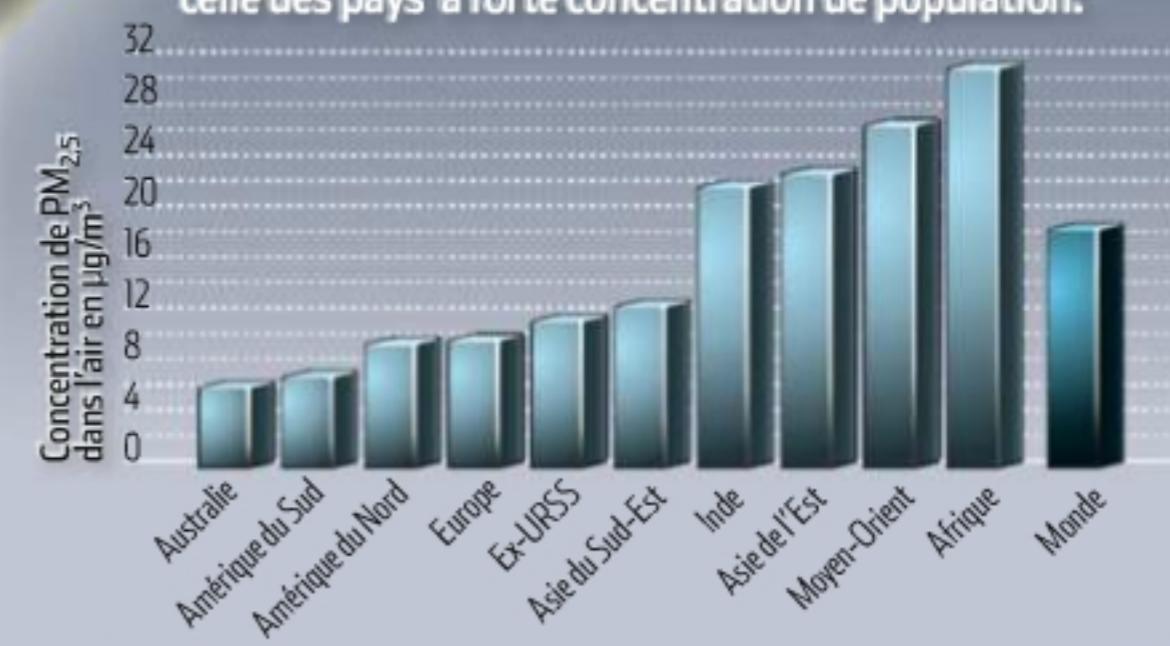
ZONE AMÉRIQUES



ZONES ASIE ET Océanie

Afrique et Moyen-Orient sont les régions les plus exposées aux particules fines

Leur mortalité est cependant moins importante que celle des pays à forte concentration de population.



SOURCE : ENVIRON. RES. LETT. B (2013)

91 % au moins des citadins européens sont exposés à des taux de particules fines jugés dangereux par l'OMS.

2,1 millions de décès seraient causés chaque année dans le monde par la pollution aux particules fines.

0,5 million de vies pourraient être sauvées chaque année dès 2030 en diminuant les émissions liées aux combustibles fossiles.

OCÉANOGRAPHIE

L'EAU DOUCE ABONDE SOUS LES OCEANS

Les stocks d'eau douce ou faiblement salée disponibles dans le sous-sol des océans seraient bien plus importants que prévu. En compilant des données (recherches et forages pétroliers), des géologues australiens ont ainsi estimé qu'ils avoisineraient les 500 000 km³... De quoi alimenter, au rythme des consommations actuelles, la planète entière pendant un siècle! Principalement situées le long des côtes de l'Australie, de la Chine, de l'Amérique du Nord et de l'Afrique du Sud, ces réserves se sont constituées lors de la dernière glaciation (entre - 120 000 et - 10 000). Le niveau des mers, jusqu'à 100 m plus bas qu'aujourd'hui, laissait alors émerger une grande partie des plateaux continentaux, ces

zones peu profondes entre le rivage et les fonds abyssaux. Par l'infiltration des pluies, des nappes souterraines s'y sont formées et ont emmagasiné de grandes quantités d'eau douce. Lorsque le climat s'est réchauffé, la remontée du niveau marin a recouvert ces aquifères de sédiments argileux, imperméables, qui les ont isolés des eaux salées. D'une salinité inférieure à 10 g/l, ces réserves seraient aujourd'hui beaucoup moins onéreuses à dessaler que l'eau de mer. Comme elles ne sont plus alimentées, elles ne constituent pas une ressource renouvelable, mais elles pourraient fournir en eau les régions côtières très peuplées, le temps que leurs nappes phréatiques surexploitées se rechargent. **D.H.**

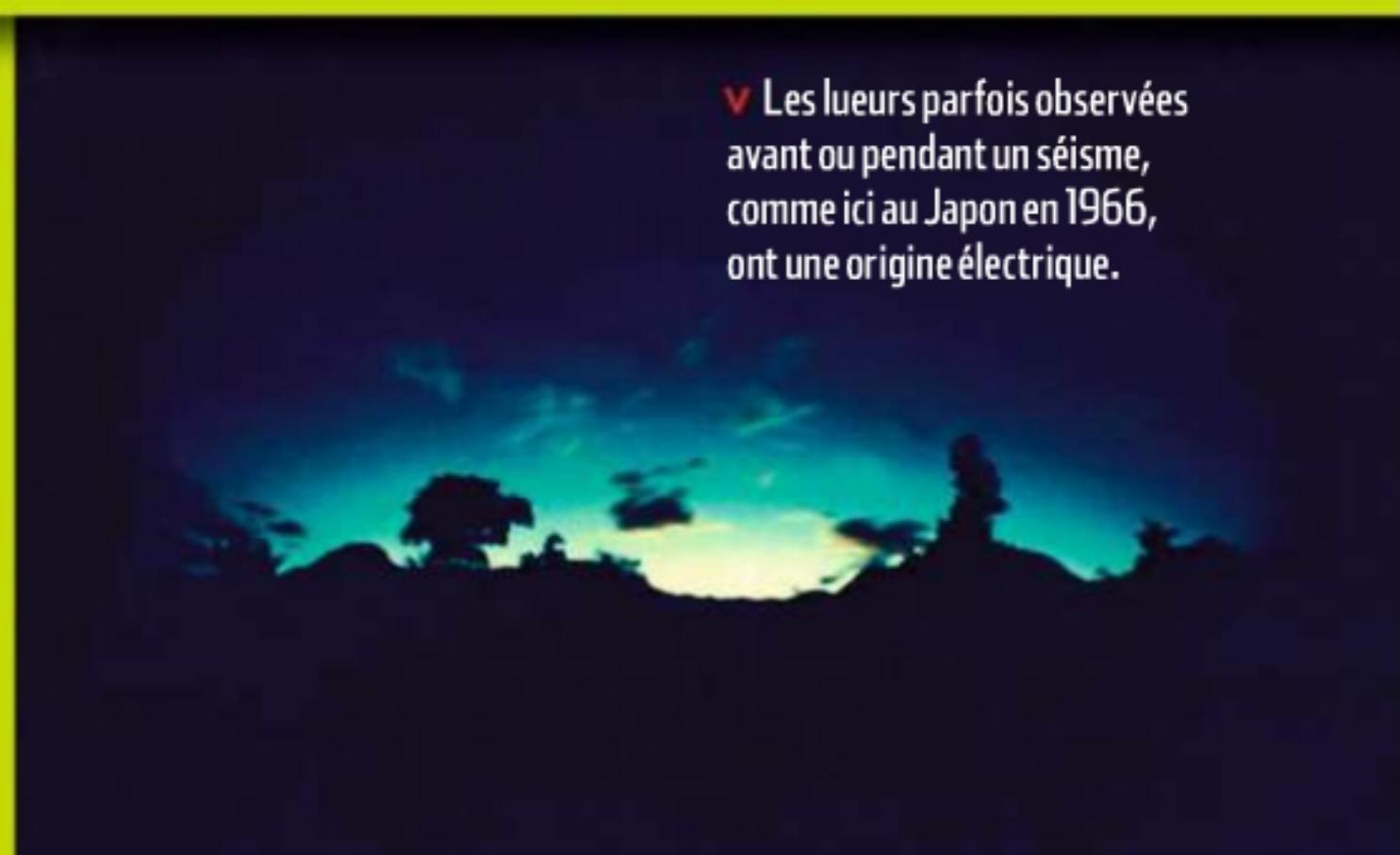


SISMOLOGIE

Certains séismes provoquent bien des flashes de lumière

Lors de tremblements de terre, des témoins avaient observé d'étranges lueurs : sphères célestes, flammèches sortant du sol... En analysant 65 séismes depuis 1461, des géologues québécois et américains ont réussi à expliquer ce phénomène. Très rare, il se produit presque toujours au niveau de failles quasi verticales : les contraintes subies par les minéraux libèrent des charges électriques qui s'échappent par les failles vers la surface, où elles provoquent l'ionisation de l'air, un peu comme la foudre. **L.C.**

▼ Les lueurs parfois observées avant ou pendant un séisme, comme ici au Japon en 1966, ont une origine électrique.





Le long des côtes de la Chine (ici, à l'embouchure du fleuve Huang He), notamment, dorment d'immenses réserves d'eau douce, isolées de la mer par une couche de sédiments.

-93,2°C

C'est la température la plus basse jamais mesurée à la surface de la Terre. Ce record a été repéré grâce à l'analyse de trente-deux années de données enregistrées par satellites. Il a été atteint par une claire nuit d'hiver, le 10 août 2010, entre le dôme Fuji et le dôme Argus, en Antarctique. C'est quelques degrés de moins que les - 89,2 °C enregistrés en 1983 par la station russe Vostok, au sud de ce nouveau point le plus froid.

C.L.

ÉCO-ÉTHOLOGIE

LES MANCHOTS S'ADAPTENT À LA FONTE DES GLACES

Face au changement climatique, l'espèce emblématique de l'Antarctique semble n'avoir d'autre choix que de déplacer son site de reproduction. Une équipe internationale a en effet observé cette stratégie chez plusieurs colonies de manchots empereurs : ils délaisSENT la banquise – leur habitat de prédilection, dont la disparition est annoncée – pour aller se reproduire sur des plates-formes glaciaires (des morceaux de glace ayant coulé de la terre à la mer), et même au sommet d'icebergs. Les chercheurs espèrent que ce nouveau comportement atténuerait les conséquences de la fonte des glaces sur les populations de manchots. C.L.

▼ La banquise étant fragilisée, les manchots cherchent de nouveaux sites de reproduction.



UNEP - T.KURIHAYASHI - S.CORDIER/GETTY IMAGES



VOLCANOLOGIE

LE MYSTÈRE DES ÉRUPTIONS DE SUPERVOLCANS N'EN EST PLUS UN

Rarissimes mais dévastatrices, les éruptions de supervolcans représentaient jusqu'ici un casse-tête pour les géologues. Car ces volcans géants possèdent une chambre magmatique déformable, qui leur permet de dissiper efficacement la pression : ils ne devraient

donc pas exploser. Pour comprendre, une équipe internationale a reproduit en laboratoire les conditions extrêmes régnant à l'intérieur d'un supervolcan. *“Le magma y est moins dense que les roches autour. Il a donc tendance à remonter, comme un ballon gonflé*

d'air plongé dans l'eau, expliquent Carmen Sanchez-Valle et Wim Malfait, de l'Ecole polytechnique de Zurich. Cette force, appelée flottabilité, engendre alors une pression suffisante pour déclencher l'éruption.” Le volume de magma amoncelé étant

extrêmement important, l'explosion est phénoménale. Il y a 600 000 ans, c'est l'une de ces éjections de cendres et de lave (plus de 1 000 km³) qui a creusé l'immense dépression au cœur de laquelle se trouve aujourd'hui le parc américain de Yellowstone. E.H.



BIODIVERSITÉ

TOURISTES ET COQUILLAGES NE FONT

En trente ans, alors que le nombre de touristes a triplé sur les plages de Catalogne (nord-est de l'Espagne), la quantité de coquillages y a, elle, été divisée par trois : c'est ce que concluent des géologues espagnols après avoir effectué deux séries de

mesures sur une plage, à trois décennies d'intervalle. Cet endroit ayant été préservé de l'action de l'homme (pêche, urbanisation) ou de la nature (érosion...), c'est bien le tourisme seul qui a eu un tel impact. En cause : le ramassage des coquillages, le piétinement du sable, son entretien

LE PIC DU MIDI LABELLISÉ RÉSERVE D'ÉTOILES

Une zone de 3 000 km² autour du pic du Midi (Hautes-Pyrénées) est devenue la première réserve de ciel étoilé d'Europe continentale (la sixième au monde). Ce label impose des limitations d'éclairage nocturne aux 251 communes concernées. R.I.

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ALTERE LE GOÛT DES FRUITS...

Une équipe française a établi un lien entre la perte d'acidité des clémentines et le réchauffement : ce dernier stimule la respiration du fruit, qui puise dans ses réserves d'acide citrique pour faire face à cette surconsommation d'énergie... au détriment de nos papilles, l'acidité exaltant les arômes du fruit. E.H.

... ET AFFAME LA FAUNE DES GRANDS FONDS

En perturbant la vie marine superficielle, le changement climatique nuit aussi aux habitants des abysses, qui se nourrissent de ce qui leur parvient depuis la surface. Cette diète va affecter 80 % des écosystèmes profonds, faisant décliner de 38 % certaines populations de l'Atlantique d'ici à 2100. L.C.

▲ C'est l'une de ces éruptions phénoménales, dont le mécanisme était jusqu'ici incompris, qui a dessiné le parc de Yellowstone (ici, le Castle Geyser).

PAS BON MÉNAGE

quotidien par des machines... Or, les coquillages jouent un rôle primordial dans leur écosystème car ils stabilisent le sol, constituent une réserve de carbonate de calcium et servent de support, d'abri ou de matériau de construction à divers organismes vivants. F.G.

HALIEUTIQUE

LES PÊCHEURS AMATEURS MENACENT AUSSI LE BAR

Parmi toutes les espèces de poissons pêchés en mer, le bar attise aujourd'hui toutes les convoitises : celles des professionnels... mais aussi des amateurs, qui en prélevent des quantités de plus en plus préoccupantes. Une enquête menée entre 2011 et 2013 par l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer) révèle ainsi que le bar est le poisson le plus capturé par les plaisanciers, devant le lieu jaune et le maquereau. "C'est la seule espèce pour laquelle la pêche récréative a un impact avéré compte tenu des tonnages considérés", précise Harold Levrel, du département d'économie maritime de l'Ifremer. Ces prélèvements annuels, de l'ordre de 3 000 t, s'ajoutent aux 5 000 t estimées des captures professionnelles. "A la suite de bonnes périodes de reproduction, les effectifs avaient augmenté au milieu des années 2000, suscitant la convoitise des amateurs", explique Mickaël Drogou, du département d'halieutique de l'Ifremer. Cette pression, suivie de périodes de reproduction moins fastes, a conduit le Conseil international pour l'exploration de la mer à préconiser aux professionnels une diminution des captures (de 36 % dans la Manche et la mer du Nord et 20 % dans le golfe de Gascogne). Pour les pêcheurs plaisanciers, en revanche, pas de quota. Certes, ils doivent respecter la taille légale de capture (42 cm en Manche-Atlantique, 30 cm en Méditerranée) et n'ont pas le droit de pêcher plus que ce qu'ils peuvent consommer dans le cadre familial. Mais le contrôle est quasi impossible. L.Bo.

► Avec 3 000 tonnes de captures annuelles, le bar est le poisson le plus prisé des plaisanciers.



L. KYLE YOUNG/GETTY IMAGES - AGE FOTOSTOCK - A. FILLEUL POUR PRATIQUE.FR

POURQUOI LE CHARBON REDEVIENT LA PREMIÈRE ÉNERGIE MONDIALE

D'ici deux ans à peine, le charbon aura détrôné le pétrole ! Bon marché, abondant, il tire la croissance des pays en développement... Au risque de marquer un grave retour en arrière pour l'environnement.

Au pays de *Germinal*, on l'avait tout simplement oublié. Et un peu trop vite relégué au musée de la révolution industrielle, rayon des locomotives à vapeur... Car le 16 décembre 2013, l'Agence internationale de l'énergie (AIE) a livré une prévision renversante : d'ici à 2016, le charbon dépassera le pétrole pour devenir la première source d'énergie dans le monde.

DES RAPPORTS ALARMISTES

Eoliennes et panneaux photovoltaïques ont beau focaliser l'attention, ils ne font pas le poids face au "diamant noir". "La montée en puissance du charbon observée depuis le début des années 2000 équivaut à celle de toutes les autres énergies cumulées", signale Jean-Eudes Moncomble, du Conseil mondial de l'énergie.

Or, ce retour au premier plan ressemble à un cauchemar.

La combustion du charbon libère en effet du mercure, du dioxyde de soufre, des oxydes d'azote et d'épais nuages de suies. Cette pollution aux particules atteint des sommets en Chine, où elle est à l'origine de 350 000 à 500 000 décès prématurés par an. Sans parler des dangers liés à son extraction : plus de 1 300 mineurs chinois ont péri en 2012.

Mais le charbon est tout aussi détestable par son impact sur le climat. Parmi toutes les énergies fossiles, son utilisation est de loin la plus émettrice de CO₂ – deux fois plus que le gaz naturel. Le charbon est d'ailleurs responsable de 44 % des émissions de CO₂ du secteur énergétique, contre 35 % pour le pétrole... "Hélas, le charbon devrait rester une énergie dominante à l'horizon 2050", se désole Jean-Eudes Moncomble. Tous les rapports sont alarmistes. "Continuer ainsi sans rien changer aura des



REPÈRES

En 1769, James Watt dépose le brevet d'une machine à vapeur qui sera le principal moteur de la révolution industrielle.

À la fin des années

1940, le pétrole supplanté le charbon. Le

8 avril 2004, la France ferme sa dernière exploitation minière (la Houve, Moselle). En

2012, la consommation de charbon augmente en France de 35 % ; il redevient aussi la première source d'électricité au Royaume-Uni.

conséquences immenses et tragiques", avertissait dernièrement Maria van der Hoeven, la directrice générale de l'AIE.

Pourra-t-on concilier cet appétit insatiable avec le respect de l'environnement ? A voir, car limiter ses émissions représente un défi colossal. "Les progrès dans le captage et la séquestration du CO₂ avancent beaucoup moins vite qu'espéré", déplore Carlos Fernandez Alvarez, analyste à l'AIE. D'où le mot d'ordre actuel, nettement moins ambitieux : améliorer le rendement des centrales au charbon, dont la majorité n'atteint pas les 35 %... quand les autres technologies flirtent avec les 45 %.

Si, selon Charlotte de Lorgeril, du cabinet SIA Partners, "la Chine est en train de remplacer ses plus anciennes centrales", cela risque pourtant d'être insuffisant. Au point de faire regretter l'époque du tout-pétrole... V.N.



CLÉ N° 1

Le charbon est disponible partout dans le monde...

D'un point de vue stratégique, le charbon cumule les avantages. Il est abondant (on estime ses réserves à 115 années de consommation), et ses gisements sont équitablement répartis dans le monde. A l'abri des risques géopolitiques, les Etats peuvent donc extraire la houille de leur propre sol, souvent avec des techniques de terrassement basiques.

Principaux gisements

(en milliards de tonnes)



SOURCE: WEC

CLÉ N° 2



SOURCE: BLOOMBERG

... et son prix défie toute concurrence

L'exploitation massive du gaz de schiste aux Etats-Unis a laissé, sur le marché, des montagnes de charbon américain, et entraîné un effondrement des prix. Résultat: aucune énergie ne peut rivaliser avec la houille. D'autant que le prix de la tonne de CO₂ émise est devenu ridiculement faible (moins de 5 €). En Europe, plus de 50 projets de centrales à charbon sont actuellement à l'étude.

▲ La Chine ouvre une centrale à charbon toutes les semaines (ici, le site Changzhi, dans la province de Shanxi).

CLÉ N° 3

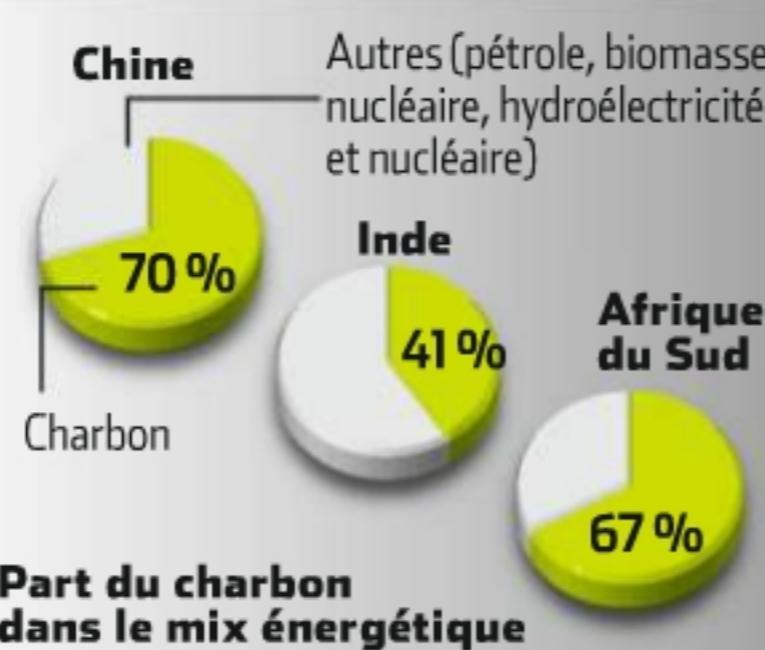
Ses applications sont incontournables...

En ce début de XXI^e siècle, la houille représente la première source d'électricité au monde, avec 40 % de la production. Mais ce n'est pas tout : le charbon sous forme de coke continue d'être essentiel à la fabrication de l'acier dans les hauts-fourneaux – un usage en croissance de 4,2 % en 2012. La Chine a récemment lancé la construction d'usines de transformation du charbon en gaz et en carburant liquide pour les transports.

Aujourd'hui, deux usages du charbon dominent...



... et un troisième est appelé à se développer

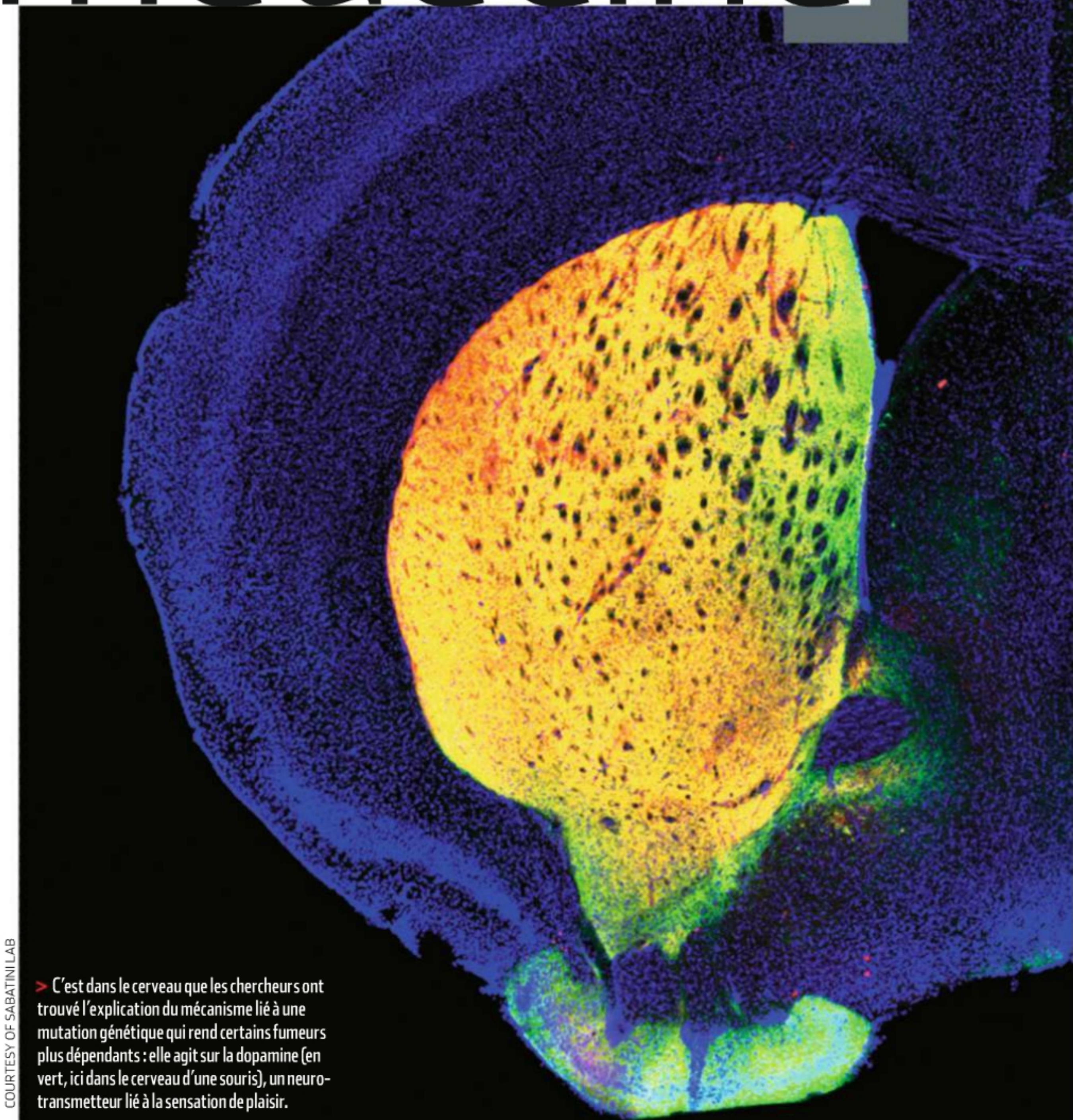


CLÉ N° 4

... et la réussite des pays en développement en dépend

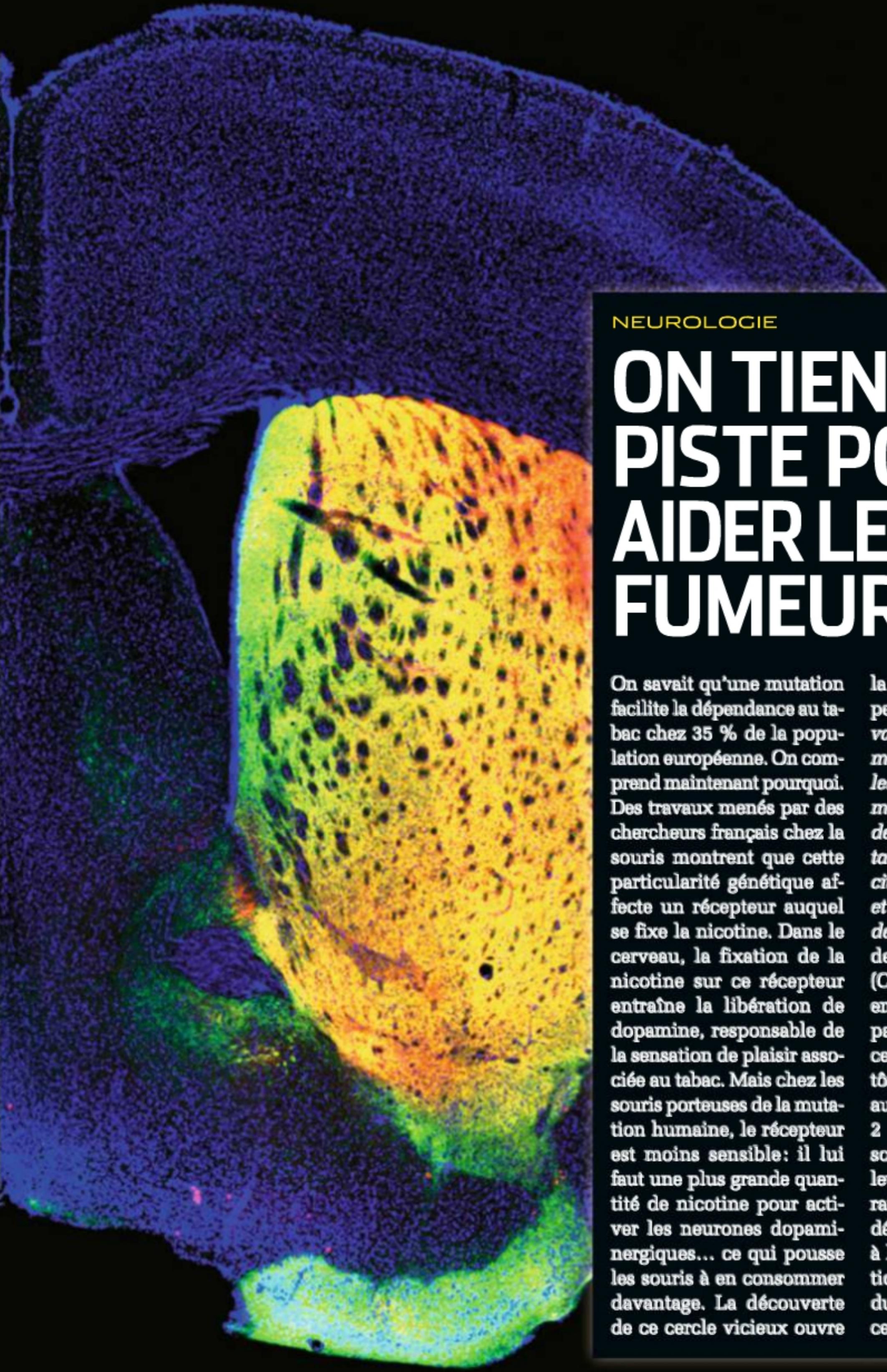
Pour répondre à leurs besoins pressants d'énergie, les pays en développement misent sur le charbon... et non sur les énergies renouvelables, trop intermittentes. La Chine inaugure ainsi une nouvelle centrale au charbon chaque semaine. De son côté, l'Inde compte installer 63 gigawatts avant 2017 (soit l'équivalent de 63 réacteurs nucléaires) : seul le charbon semble capable d'apporter l'électricité aux 300 millions d'Indiens qui ne disposent d'aucun accès à l'énergie.

actus médecine



COURTESY OF SABATINI LAB

► C'est dans le cerveau que les chercheurs ont trouvé l'explication du mécanisme lié à une mutation génétique qui rend certains fumeurs plus dépendants : elle agit sur la dopamine (en vert, ici dans le cerveau d'une souris), un neurotransmetteur lié à la sensation de plaisir.



NEUROLOGIE

ON TIENT UNE PISTE POUR AIDER LES GROS FUMEURS

On savait qu'une mutation facilite la dépendance au tabac chez 35 % de la population européenne. On comprend maintenant pourquoi. Des travaux menés par des chercheurs français chez la souris montrent que cette particularité génétique affecte un récepteur auquel se fixe la nicotine. Dans le cerveau, la fixation de la nicotine sur ce récepteur entraîne la libération de dopamine, responsable de la sensation de plaisir associée au tabac. Mais chez les souris porteuses de la mutation humaine, le récepteur est moins sensible: il lui faut une plus grande quantité de nicotine pour activer les neurones dopamnergiques... ce qui pousse les souris à en consommer davantage. La découverte de ce cercle vicieux ouvre

la voie vers des traitements personnalisés. *Si l'on pouvait rétablir le fonctionnement de ce récepteur chez les fumeurs porteurs de la mutation, cela permettrait de diminuer leur besoin de tabac, d'améliorer l'efficacité des thérapies de sevrage et ainsi de réduire le risque de cancer*, explique l'une des auteurs, Carole Morel (CNRS). En effet, les prises en charge actuelles ne sont pas forcément adaptées à ces patients, dont les symptômes diffèrent de ceux des autres fumeurs: ils fument 2 à 3 fois plus, sont plus souvent impulsifs... Et vu leur profil génétique, ils seraient plus susceptibles de développer une dépendance à l'alcool: une autre mutation, dans la même région du génome, a été associée à cette autre addiction. V.E.

VACCINATION

EN INDE, LA POLIOMYÉLITE EST ENFIN ÉRADIQUEE

Longtemps considérée comme le plus grand réservoir de poliomyélite au monde, l'Inde aura mis près de vingt-cinq ans à éliminer le virus. La campagne de vaccination massive a payé : le pays ne compte plus de nouvelle infection par une souche sauvage depuis janvier 2011. Ne reste que certains cas, dits "vaccinaux" : le vaccin, administré par voie orale, contient le virus, atténué mais toujours vivant, qui peut (rarement) se réactiver. Selon les experts de santé publique, un vaccin injectable, plus sûr, n'aurait pas été aussi efficace, car son coût plus élevé et son administration

plus complexe auraient tenu à l'écart les régions les plus pauvres et reculées. Sur l'ensemble du globe, le nombre de malades a diminué de plus de 99 % depuis le lancement, en 1988, du plan mondial d'éradication de la poliomyélite, passant de 350 000 cas annuels dans 125 pays à 223 cas, en 2012, dans trois pays. Parmi ces pays encore affectés, le Pakistan, voisin de l'Inde... où la réémergence de virus sauvages demeure donc un risque. *"Il faut maintenir la couverture vaccinale à un niveau élevé"*, conclut Francis Delpeyroux, virologue de l'Inserm à l'Institut Pasteur. A.L.



ADDICTOLOGIE

UNE MOLÉCULE LIMITE L'IMPACT

Le premier médicament contre les effets néfastes du cannabis sur la mémoire est peut-être sur le point de voir le jour. Et l'équipe de Pier Vincenzo Piazza, à l'Inserm, l'a découvert directement dans le cerveau ! Les chercheurs ont en effet montré que lorsque de fortes doses de

THC, le principe actif du cannabis, sont délivrées dans le cerveau, ce dernier met en place un mécanisme de défense. *"Quand les récepteurs cérébraux du cannabis sont fortement activés par le THC, le cerveau produit une molécule, la prégnénolone, qui, en se liant à son tour à ces récepteurs cannabinoïdes,*

HÉPATITE C : L'ÈRE DE LA GUÉRISON

La mise sur le marché du sofosbuvir relègue aux oubliettes le lourd traitement actuel (des injections d'interféron). Combinée avec d'autres agents, cette nouvelle molécule améliore le taux de guérison (frôlant les 100 %), raccourcit la cure (trois mois au lieu de onze) et diminue les effets indésirables. R.P.

+354 % DE LONGÉVITÉ !

L'équivalent d'une espérance de vie de plus de 400 ans chez l'homme : c'est le gain record de longévité obtenu chez le ver *C. elegans*. La recette de ce miracle : des mutations dans deux gènes, impliqués dans le vieillissement de nombreuses espèces, qui, ensemble, ont multiplié les effets rajeunissants. E.A.

LE VACCIN ANTIGRIPPE PROFITE PLUS AUX FEMMES

La réaction immunitaire provoquée par le vaccin contre la grippe se révèle moins bonne chez les hommes que chez les femmes. Cette différence serait liée à des niveaux élevés de testostérone, qui bride le phénomène d'inflammation, selon une étude de l'université Stanford (Etats-Unis). C.T.

► Une campagne de vaccination massive a permis d'éliminer le virus dans l'un des derniers pays au monde où il sévissait encore.

DU CANNABIS

réduit leur capacité à répondre au THC", explique Pier Vincenzo Piazza. Les chercheurs ont d'ores et déjà mis au point un dérivé de prégénolone. Testé sur des souris, ce médicament leur a évité les pertes de mémoire et de dynamisme. Les essais sur l'homme seront possibles d'ici un à deux ans. C.H.

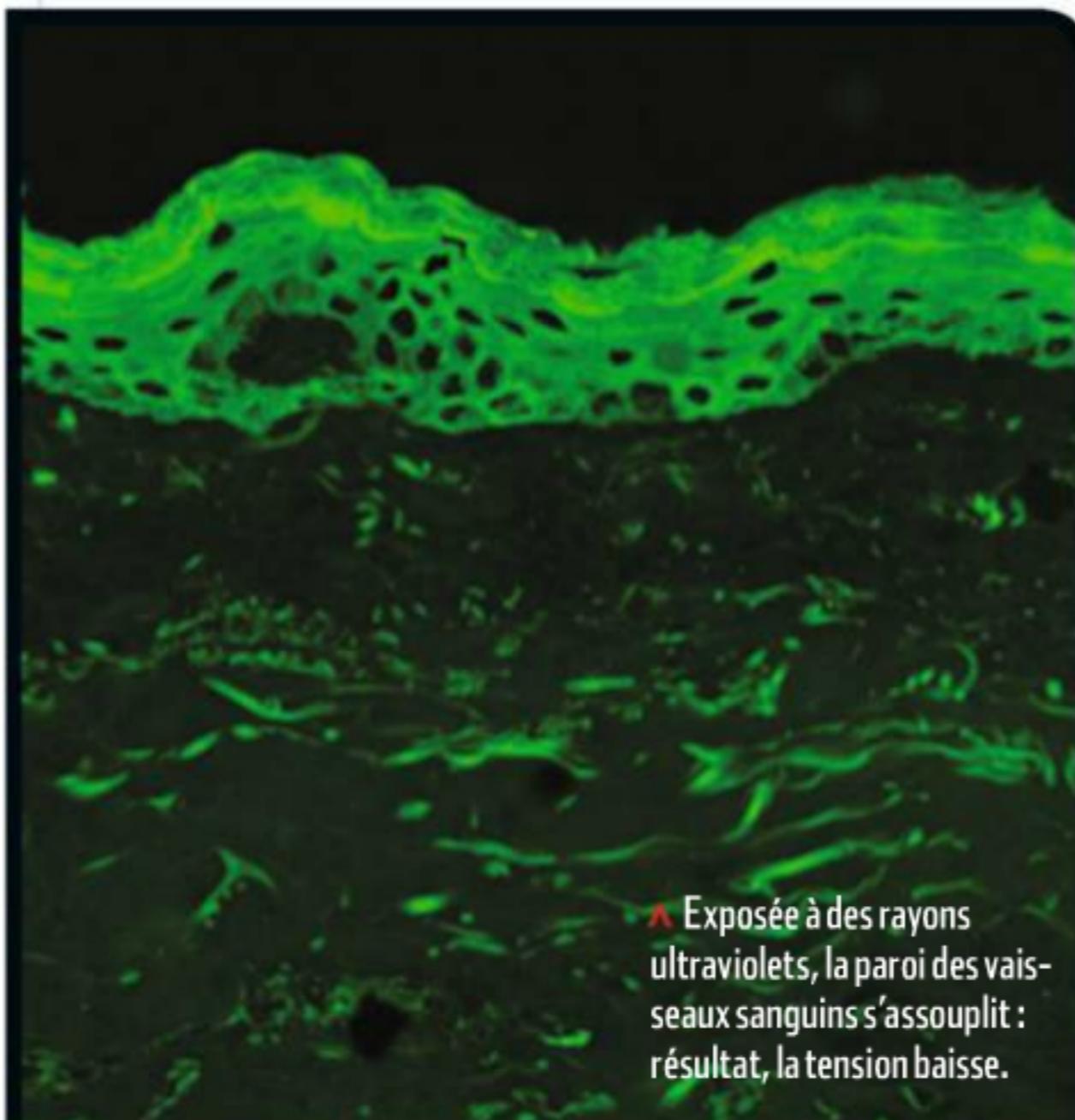
INFECTIONNÉ

UN MICROBE QUI CONNAÎT SON HÔTE INFECTÉ MOINS

Pourquoi la bactérie *Helicobacter pylori* provoque-t-elle un cancer de l'estomac chez certaines personnes seulement ? Le secret résiderait dans la capacité du microbe et de son hôte à "s'apprivoiser" mutuellement. D'après une équipe de Nashville (Etats-Unis), lorsque la souche bactérienne et son hôte se sont adaptés l'un à l'autre, *H. pylori* devient alors moins virulente, et les risques de maladies sont atténués. Pour arriver à cette hypothèse, les chercheurs ont analysé le génome des souches bactériennes présentes parmi deux populations distinctes de Colombie, l'une vivant sur la côte, l'autre dans les montagnes. Cette dernière, qui descend directement des Amérindiens, est 25 fois plus touchée par les cancers gastriques que les habitants de la côte, dont les ancêtres sont africains. Verdict : sur la côte, les bactéries et la population ont majoritairement la même origine africaine ; elles évoluent donc ensemble depuis des milliers d'années. Sur les hauteurs, en revanche, les habitants sont porteurs de souches d'origine européenne, vraisemblablement apportées par la conquête espagnole du XVI^e siècle, avec lesquelles ils cohabitent depuis quelques centaines d'années à peine. E.D.



▲ Lorsque *H. pylori*, bactérie de l'estomac, et son hôte se sont adaptés l'un à l'autre, le risque de développer un cancer gastrique est moins élevé.



▲ Exposée à des rayons ultraviolets, la paroi des vaisseaux sanguins s'assouplit : résultat, la tension baisse.

CARDIOLOGIE

LE SOLEIL SERAIT UN REMÈDE À L'HYPERTENSION

L'exposition de volontaires à des doses de rayons ultraviolets correspondant à trente minutes de soleil fait légèrement baisser leur tension artérielle : c'est ce qu'ont observé des chercheurs des universités d'Edimbourg et de Southampton (Royaume-Uni). On savait déjà que l'hypertension et les maladies cardio-vasculaires variaient selon les saisons et la latitude : le nombre de cas s'élève en hiver, et augmente aussi à mesure que l'on s'éloigne de l'équateur. Mais cet effet était principalement attribué aux températures. Les résultats obtenus par Martin Feelisch et ses collègues suggèrent l'existence d'un autre mécanisme, basé

sur le monoxyde d'azote. Cette molécule, fabriquée notamment par la paroi des vaisseaux sanguins, dilate ces derniers, faisant ainsi baisser la tension. La peau en abrite également d'importants stocks, dont l'utilité n'était jusqu'ici pas très bien comprise. La nouvelle hypothèse, c'est que les ultraviolets activeraient ces réserves. *“Un accroissement, même faible, de la tension augmente significativement les risques cardio-vasculaires. On peut donc supposer que si une exposition modérée au soleil la fait légèrement baisser, il y aura un bénéfice, explique Martin Feelisch. Reste à confirmer cet effet chez les personnes hypertendues.”* L.C.

NEUROLOGIE

Une prothèse pour réparer les lésions cérébrales est à l'étude

Des chercheurs des universités Case Western Reserve et du Kansas (Etats-Unis) ont rétabli, en quinze jours, les capacités cérébrales de rats chez lesquels les aires sensorielle et motrice avaient été déconnectées. La communication a été restaurée grâce à une puce électronique implantée dans leur cerveau : des électrodes captent l'activité neuronale et transfèrent ces informations à la puce, qui envoie à son tour des impulsions électriques vers la zone motrice. L.C.

PÉDIATRIE

CERTAINES BACTÉRIES APAISERAIENT LES BÉBÉS

Les coliques des nouveau-nés sont éprouvantes pour l'enfant comme pour les parents. Or, selon une étude menée à l'université de Bari (Italie), il serait possible d'éviter une demi-heure de cris et près de deux régurgitations par jour en donnant quotidiennement des probiotiques aux nourrissons. Ces cocktails de bactéries, censés favoriser le développement d'une flore intestinale saine, diminueraient également les constipations et le nombre de visites chez le pédiatre. L'expérience, financée par le fabricant des probiotiques testés, fait partie d'un nombre croissant d'études suggérant le potentiel thérapeutique de ces bactéries. E.A.



AZINC

FORME ET VITALITE

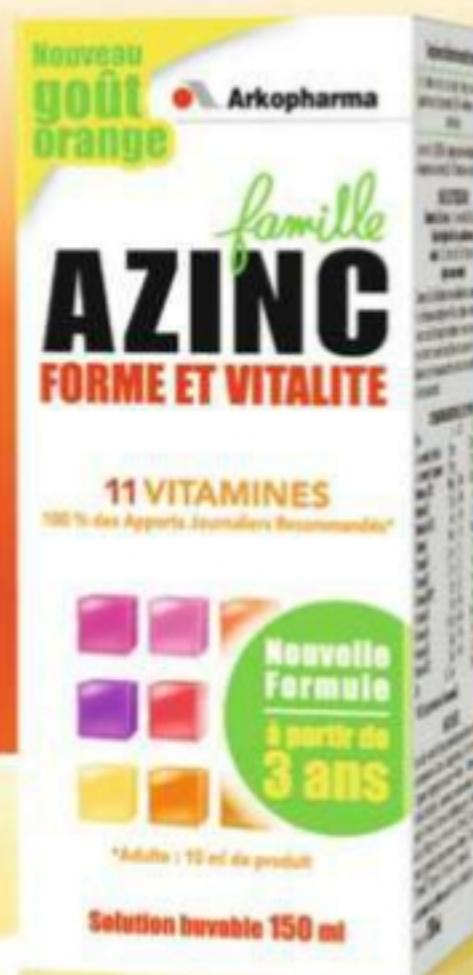
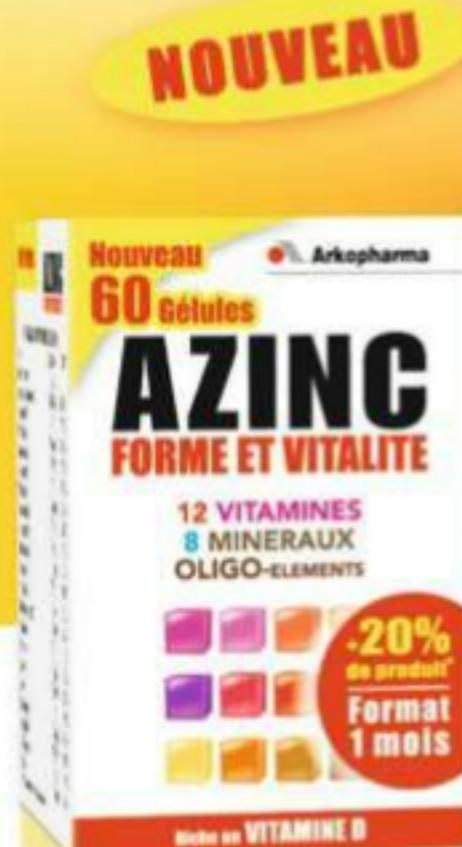
Offre Spéciale :
1 boîte OFFERTE
avec l'Offre Fidélité
Voir modalités en pharmacie



Du dynamisme à partager !

*par rapport au format 50 et 100 gélules.

© 27699 - Crédit photo : ©Shutterstock



www.azinc.fr

VITAMINES – MINÉRAUX – OLIGO-ÉLÉMENTS

AZINC Le plein d'énergie au meilleur prix !

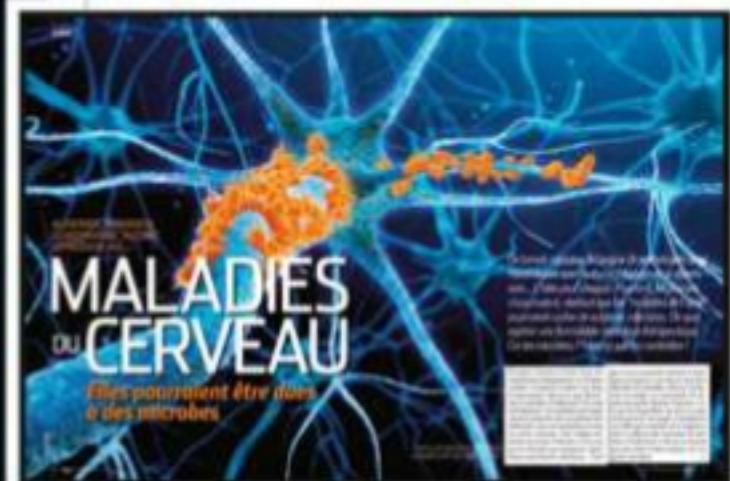
Compléments alimentaires multivitaminés avec minéraux et oligo-éléments spécialement formulés pour répondre aux besoins des adultes et des adolescents dont le rythme de vie est très actif.
Disponibles en pharmacie et parapharmacie.

En savoir plus sur www.azinc.fr

www.arkopharma.fr La santé naturellement

Pour votre santé, pratiquez une activité physique régulière. www.mangerbouger.fr





SCIENCE & VIE

N°1134
JUILLET 2012

Il y a deux ans, nous révélions une nouvelle piste de recherche encore controversée sur les causes des maladies mentales: celle des microbes. Parmi les hypothèses les plus surprenantes figurait alors celle du rôle des bactéries intestinales dans le développement de l'autisme. Or, des chercheurs du Caltech, célèbre université californienne, viennent d'apporter un nouvel argument en faveur de cette hypothèse qui ouvre aujourd'hui une piste de traitement très sérieuse.

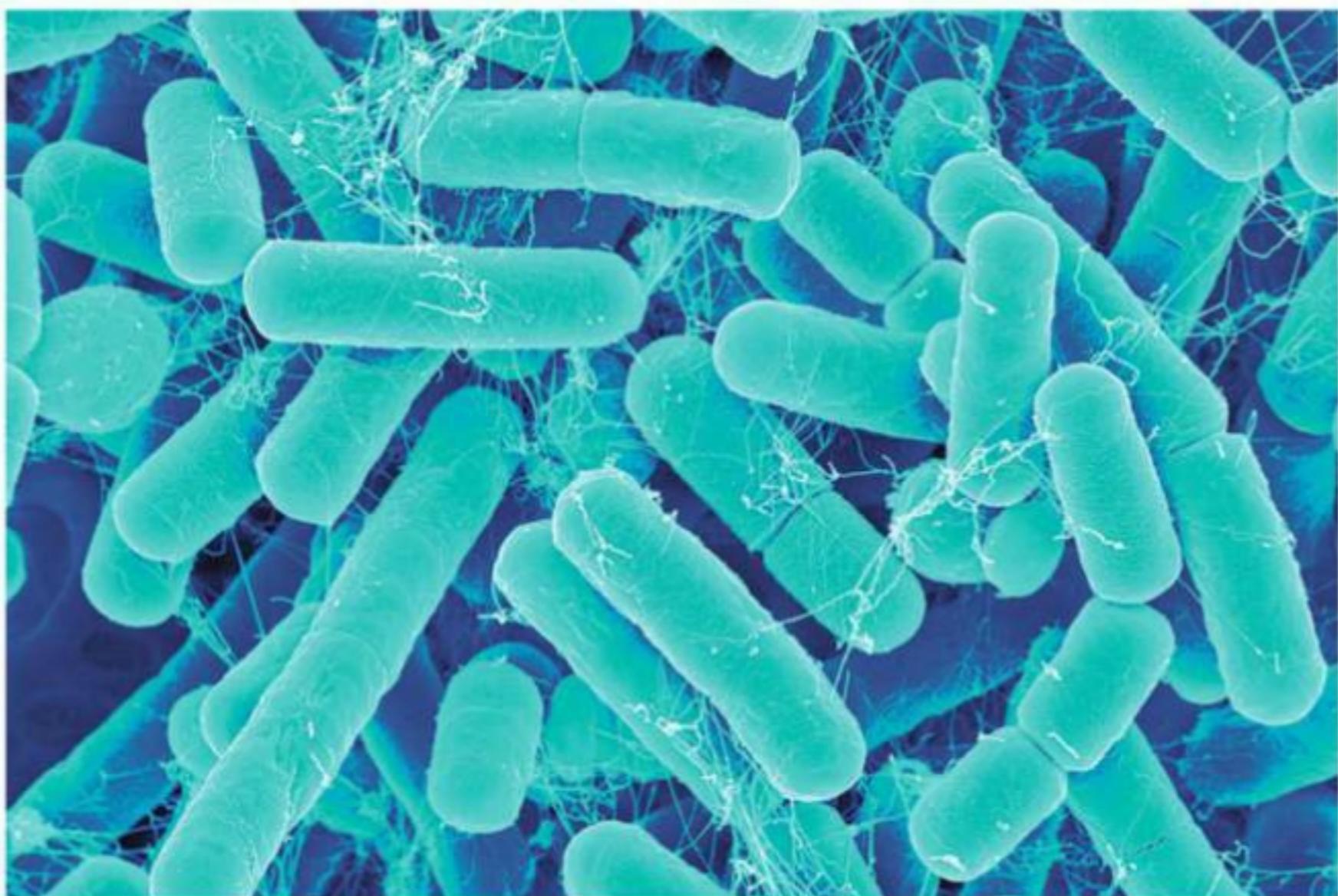
UN MICROBIOME ALTÉRÉ

Les chercheurs ont d'abord démontré, chez des souris présentant les principaux symptômes de l'autisme, que leur microbiome (l'ensemble des bactéries présentes dans les intestins, qui sont essentielles au fonctionnement de l'organisme) était, comme chez certains autistes, altéré: des espèces étaient présentes en quantité supérieure, d'autres, moindre. Surtout, après avoir reçu un traitement oral de bactéries *Bacteroides fragilis*, qui a rééquilibré leur flore intestinale, les souris "autistes" ont vu la plupart de leurs symptômes disparaître. Elles étaient débarrassées de leur anxiété et de leur tendance aux comportements répétitifs, et retrouvaient en partie leur

AUTISME

LA PISTE BACTÉRIENNE SE CONFIRME

Oui, il existe bien un lien entre maladie mentale et microbe. C'est ce que viennent de démontrer des chercheurs américains qui ont réussi à traiter des souris autistes en rééquilibrant simplement leur flore intestinale! Explication.



capacité à communiquer. Seul leur défaut de sociabilité restait inchangé. La preuve que les troubles de la flore intestinale sont bien une cause, et non une simple conséquence, de certains symptômes autistiques.

Les chercheurs proposent même une première explication de ce lien entre bactéries intestinales et comportement. Ils ont en effet montré que les modifications du microbiome des souris étudiées étaient associées à une plus grande perméabilité de la barrière intestinale, ce qui entraînait le passage dans le sang de molécules toxiques, produites par les bactéries. La

▲ Un traitement oral de bactéries *Bacteroides fragilis* (ci-dessus) a permis de faire disparaître la plupart des symptômes de souris autistes.

molécule ESP4, en particulier, était 46 fois plus concentrée dans le sang des souris autistes, et son injection suffisait à induire des symptômes d'anxiété chez des souris normales.

Cette étude constitue donc une avancée importante. D'abord en ouvrant une nouvelle piste de traitement de l'autisme par des bactéries. "Nous prévoyons de démarrer des essais cliniques dans un an", affirme Sarkis Mazmanian, qui a dirigé ces travaux. Mais, aussi, en approfondissant les liens entre bactéries intestinales et cerveau. Des liens probablement impliqués dans de nombreuses autres maladies.

E.A.

A close-up, slightly blurred portrait of a woman with dark hair and green eyes. She is wearing a dark, patterned earring. The background is a warm, out-of-focus orange and yellow.

30^e Prix de Recherche Fondation Allianz Institut de France

Edith Heard a été récompensée
pour ses travaux sur l'épigénétique

www.allianz.fr

Allianz, assureur santé,
soutient la recherche
médicale depuis 30 ans.

Allianz 

Allianz France

Société anonyme au capital de 859 142 013,88 euros. Siège social : 87, rue de Richelieu - 75002 Paris.
303 265 128 RCS Paris.

actus technos

PRISE DE VUES AVEC LA PARTICIPATION DE TATIANA SEGUIN POUR ADN DIGITAL DOUBLE AGENCY

> Il faut deux heures à cette cage bardée de LED et de caméras pour photographier en 3D un individu dans ses moindres détails. La doublure numérique (à dr.) atteint un niveau de précision encore inégalé.



A large, dark, semi-transparent background image of a person's face being scanned by a complex 3D capture rig. The rig consists of numerous small lights and cameras arranged in a grid pattern, creating a starburst effect of light. The person's face is partially visible through the gaps in the rig.

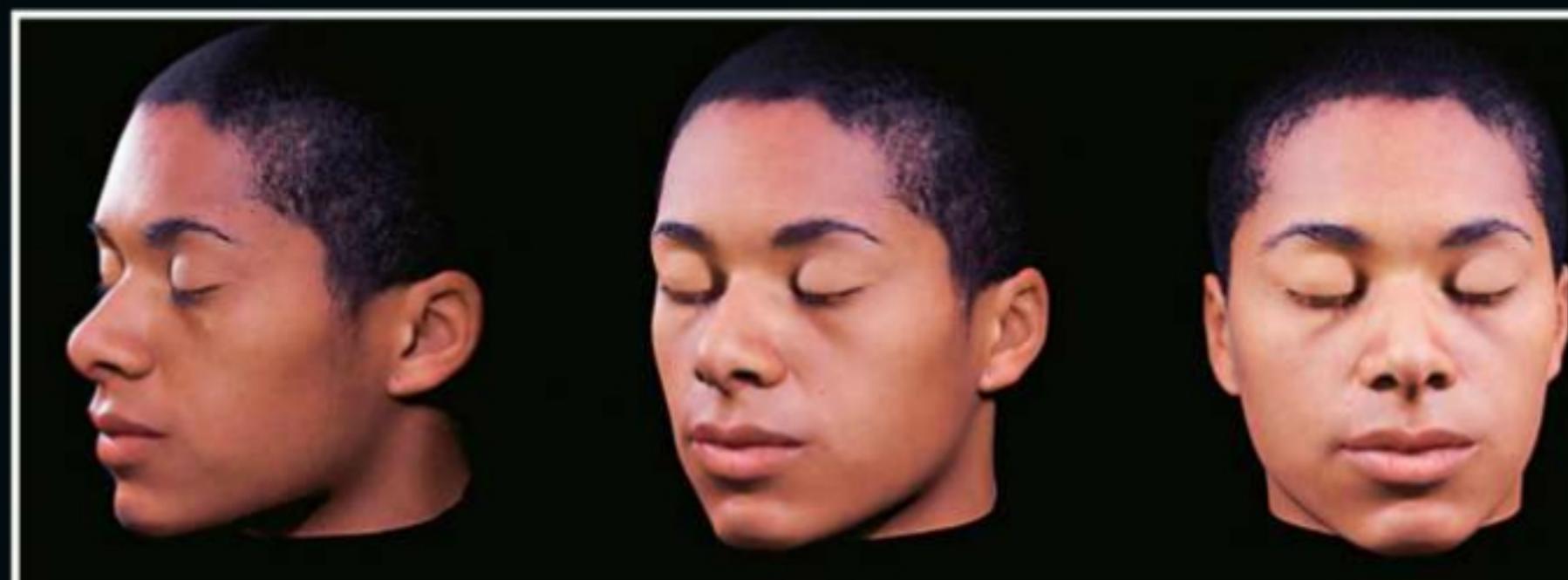
IMAGERIE

LE CLONAGE EN 3D DEVIENT POSSIBLE AU MICROMÈTRE PRÈS

Et si l'on créait l'illusion parfaite en fabriquant un clone numérique 3D avec nos rides, notre carnation et nos expressions ? L'entreprise française ADN Digital Double Agency a réussi cet exploit en mettant au point la "machine à cloner" la plus précise au monde ! ADN Capture numérise un individu avec une précision allant jusqu'à 50 µm, là où d'autres

systèmes atteignent seulement le millimètre. "Nous commençons par capturer un maximum d'images réelles", explique Christian Guillon, fondateur de la société. Le modèle se place dans une sphère équipée de 1 600 LED et de 4 à 8 caméras haute vitesse. Morphologie et gestuelle sont enregistrées par photogrammétrie (sorte de photographie en

3D), tandis que la texture de la peau est capturée en faisant varier la lumière sur elle. Ainsi, "la texture reproduite est capable de s'adapter à n'importe quel éclairage du décor de synthèse", précise notre interlocuteur. Les applications envisagées sont le cinéma, la biométrie, et surtout les jeux vidéo, où ce type de clone apparaîtra d'ici deux ans. L.B.





OPTIQUE

COMPRESSÉE, LA LUMIÈRE DOPE LES FIBRES OPTIQUES

“On a tous été très surpris que cela fonctionne si vite !”, raconte Camille Brès. Avec son équipe de l'université de Lausanne, cette physicienne est parvenue à moduler la forme des ondes lumineuses qui circulent dans les fibres optiques, jusqu'à les compresser et multiplier par dix la quantité d'informations transmises. “Cela fait

des années que des laboratoires essaient de générer des ondes de Nyquist, dont la forme est plus pointue que celle des sinusoïdes habituellement utilisées pour coder des informations, et qui prennent donc moins de place dans la fibre, explique la chercheuse. Sauf que personne n'y parvenait... ” Les chercheurs suisses, eux, ont simplement eu l'idée d'utili-

liser un peigne fréquence, un composant classique que les physiciens utilisent pour séparer les différentes composantes de la lumière. Et miracle ! Après quelques semaines de réglages, ils ont donné naissance à des ondes de Nyquist presque parfaites... Ne reste plus qu'à miniaturiser le dispositif et à l'installer au bout de fibres optiques. M.F.

UN SERIAL KILLER DE BACTÉRIES

Des chercheurs australiens ont montré que la surface du silicium noir est dotée de pics de 500 nm capables de déchirer les parois cellulaires des bactéries qui les touchent. Avec un taux d'abattage estimé à 450 000 cellules par minute et par cm², il permettrait de développer de puissants nanomatériaux antibactériens pour implants ou ustensiles médicaux. E.T-A.

UNE VRAIE VILLE FLOTTANTE

1400 m de longueur, 2,7 millions de tonnes, 40 000 résidents... *Freedom ship* doit être le plus gros "bateau" jamais construit. Cette ville flottante imaginée par une entreprise américaine sera propulsée par plus de 70 moteurs électriques. Mise à l'eau en 2018... sous réserve de financement. M.V.

RÉPARER LES ORGANES AVEC DE LA COLLE

Des chercheurs français ont ressoudé un morceau de foie coupé en deux avec un scalpel en étalant sur la coupure des nanoparticules de silice qui, en quelques secondes, ont établi des connexions entre les fragments. Une piste prometteuse pour des applications médicales et industrielles. L.C.

▲ Des chercheurs ont réussi à produire des ondes lumineuses que l'on peut compresser dans une fibre optique, multipliant par dix le nombre d'informations transmises. L.C.

ÉLECTRICITÉ**UNE BATTERIE VA ENFIN STOCKER LES ÉNERGIES INTERMITTENTES**

Voici une batterie capable de stocker et utiliser les énergies renouvelables, intermittentes par nature. Elle se compose de deux réservoirs, qui stockent l'énergie, et d'une cellule qui module la puissance de l'électricité qui entre et sort. Mise au point par l'équipe de Michael Aziz à l'université Harvard, elle est plus volumineuse que les batteries qui alimentent téléphones et voitures électriques... Et c'est ce qui fait justement sa force ! Car jouer sur la taille des réservoirs permet d'augmenter la quantité d'électricité stockée sans changer la puissance délivrée.

"C'est impossible dans les batteries classiques où tout se passe dans la même cellule, précise le chercheur. *Or, c'est essentiel pour compenser les aléas des productions éolienne et solaire."* Si les tests ont montré que cette batterie pouvait être rechargée et vidée 100 fois sans dommages, il faudra qu'elle tienne dix fois plus longtemps pour être produite. M.F.



▲ La batterie de Michael Aziz stocke l'énergie (réservoirs bleus) afin de compenser les aléas de production.

ROBOTIQUE**CE ROBOT SPATIAL SE DÉPLACE COMME UN LÉZARD**

Il grimpe au mur et s'accroche au plafond dans les environnements les plus extrêmes. Abigaille – c'est son nom – a été testé avec succès dans des conditions de vide et de température similaires à celles de l'espace. Conçu par des ingénieurs de l'université Simon-Fraser (Canada) et de l'Agence spatiale européenne (ESA), il mesure quelques centimètres pour 240 g, et ses six membres, revêtus de microfibres imitant les poils qui tapisSENT les pattes du gecko, sont assez adhérents pour lui permettre de se déplacer à la verticale à la vitesse de 1,4 m/h. Une solution idéale, selon l'ESA, pour aider les astronautes à entretenir de futurs satellites. G.S.



ON POURRAIT VAPORISER L'INFORMATION POUR LA TRANSMETTRE

NARIMAN FARSADE, ingénieur à l'université York de Toronto (Canada)

Science & Vie: Vous évoquez la possibilité de "vaporiser l'information". Qu'entendez-vous par là ?

Nariman Farsad: Pour communiquer, le principe est toujours le même : on transforme des informations en un code que l'on transmet, et qui est ensuite décodé. La plupart du temps, les lettres de l'alphabet sont codées en zéro et en un, c'est-à-dire en bits, avant d'être enfin transmises sous la forme d'impulsions électromagnétiques... Nous proposons simplement de changer le mécanisme de transmission et d'utiliser les impulsions de pulvérisateur pour envoyer de fines gouttelettes. En gros, l'information serait codée puis transmise sous la forme d'une succession de petits nuages.

S&V: Cela ne sera-t-il pas moins rapide, moins fiable... bref, moins efficace qu'une communication classique ?

N.F.: Si, bien sûr. Mais cela

pourrait être utilisé là où, justement, on ne peut pas utiliser de communication classique. Par exemple, dans les réseaux de tunnels et dans les pipelines où les ondes électromagnétiques sont perturbées par des interférences.

S&V: Avez-vous déjà testé le principe ?

N.F.: Oui ! Nous avons réussi à transmettre le texte "O Canada", qui est le titre de notre hymne national, sur une distance de 4 mètres. Et ceci avec un dispositif extrêmement simple : un pulvérisateur du commerce, de l'éthanol, des puces électroniques classiques, des capteurs semi-conducteurs basiques... Le tout ne nous a finalement coûté que 100 dollars. La transmission du signal est effectivement très lente : on ne peut transmettre qu'un bit toutes les trois secondes ou un caractère toutes les quinze secondes, sinon le signal se brouille. Mais cela fonctionne !



SON IDÉE

Il existe des endroits, comme les tunnels ou les pipelines, où l'on ne peut pas communiquer par ondes. Pourquoi, dès lors, ne pas y envoyer des messages à l'aide de produits chimiques que l'on vaporisera ? Avec un simple spray relié à un tableau de commandes, on pourrait coder n'importe quel texte sous la forme de petits nuages, qui se propageraient dans l'air jusqu'à un détecteur chimique qui les analyserait.

S&V: Comment allez-vous améliorer la vitesse de transmission ?

N.F.: La lenteur n'est en soi pas un problème, puisqu'il s'agit d'utiliser ce mode de communication quand aucun autre ne fonctionne... Ce sera donc mieux que rien ! Mais il y a tout de même des pistes. Par exemple, disposer un petit ventilateur à côté du pulvérisateur qui propage le produit plus efficacement... Surtout, nous aimerais miniaturiser notre dispositif pour qu'il puisse être utilisé à l'échelle microscopique, où la question du débit ne se pose plus, vu les distances : des chercheurs travaillent déjà à mettre au point des nanorobots pour délivrer des médicaments dans le corps, ou jouer le rôle de cellules immunes artificielles. Or il faut se demander dès maintenant comment ils vont capter et émettre des informations... La communication chimique pourrait être une solution.

Propos recueillis par M.F.

NOUVELLE OFFRE !

L'ABONNEMENT PREMIUM

ABONNEZ-VOUS À SCIENCE & VIE ET À SES ARCHIVES

-46%
de réduction

57€
seulement
au lieu
de 106,20 €

12 numéros
+ 4 hors-séries
+ L'accès aux
Grandes Archives
de SCIENCE & VIE



L'abonnement PREMIUM c'est :

- 12 n° chaque mois dans sa boîte aux lettres
- + 4 Hors-séries trimestriels
- un accès d'un an aux Archives de S & Vie :
- + de 300 numéros numérisés et consultables en ligne avec un moteur de recherche par mots-clés.

BULLETIN D'ABONNEMENT

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

Oui, je m'abonne à Science & Vie
pour 1 an (12 n°) + 4 Hors-séries +
l'accès aux Grandes Archives
pour 57€ au lieu de 106,20 €
soit plus de 46% de réduction

761 593

Je préfère m'abonner à Science & Vie 1 an (12 n°)
+ 4 Hors-séries pour 49€ au lieu de 70,20 €*

761 601

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

SCIENCE & VIE

KIOSQUE
mag

Disponible sur
KiosqueMag.com

➤ Voici mes coordonnées :

Nom : _____ Prénom : _____

Adresse : _____

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

Code Postal : _____ Ville : _____

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

Il est indispensable d'indiquer ci-dessous votre adresse e-mail pour recevoir vos codes d'accès aux Grandes Archives Numériques.

E-mail : _____

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

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

Date et signature obligatoires

Exire à fin _____ Code Crypto _____

Les 3 chiffres au dos de votre CB

*Prix public et Prix de vente en kiosque. Offre valable pour un 1er abonnement livré en France métropolitaine jusqu'au 30/03/14 et dans la limite des stocks disponibles. Je peux acquérir séparément chacun des numéros mensuels de Science & Vie au prix de 4,20 et chacun des hors-séries au prix de 4,95 €. Vous ne disposez pas du droit de rétractation pour l'abonnement au magazine. Conformément à la loi informatique et libertés du 6 janvier 1978, vous disposez d'un droit d'accès aux données vous concernant. Il vous suffit de nous écrire en indiquant vos coordonnées. Science & Vie — TSA 10005 8 rue François Ory 92543 Montrouge cedex RCS B 572 134 773 - Capital : 1 717 360 €

ÉCRANS TACTILES

ILS PEUVENT ENFIN ÊTRE FLEXIBLES

Des Français ont inventé un plastique capable de rendre tactile n'importe quelle surface, même la plus souple. Mieux: il est sensible à l'intensité de la pression exercée. Une première!

On dirait un vulgaire bout de Scotch. La petite bande plastique ne paye pas de mine et pourtant, elle concentre toute l'attention des industriels spécialistes de la fabrication de télévisions, smartphones et autres objets dotés d'un écran. Car voici enfin le composant qui permettra de rendre tactile n'importe quelle surface, même la plus incurvée, même la plus souple. Il suffira de déposer ce film sur un écran pour qu'il puisse être commandé d'un simple effleurement du doigt!

UNE RECETTE SIMPLISSIME

Les spécialistes des nanotechnologies tentaient de réaliser l'exploit depuis des années déjà. Truffant des matériaux de nanoparticules d'or, alignant des nanotubes de carbone, certains y étaient même parvenus... Mais tous ces matériaux avaient un inconvénient: soit ils étaient opaques et ne pouvaient donc être déposés sur un écran, soit leur fabrication nécessitait des technologies de pointe, trop coûteuses pour l'industrie. Les

chercheurs de la start-up toulousaine Nanomade ont, eux, misé sur des nanoparticules d'oxyde d'indium et d'étain: capables de moduler un courant électrique lorsqu'on les comprime, elles peuvent "sentir" la pression d'un doigt; surtout, elles sont transparentes. Laborieusement, l'équipe a travaillé chacune des étapes de fabrication pour les simplifier au maximum. Résultat: la surface tactile qu'ils viennent de breveter rassemble tous les avantages. Elle est à la fois transparente comme du verre, flexible comme de la silicone et facile à fabriquer.

Leur recette, en effet, est simplissime. *"Nous partons d'un plastique transparent enrobé d'une couche de conducteur dont nous préparons la surface avec des techniques de chimie classiques, explique Fabrice Séverac, l'un des chercheurs de Nanomade. Puis nous déposons dessus, grâce à un dispositif similaire à l'impression jet d'encre, un liquide chargé en nanoparticules dont la surface a été tapissée de petites*

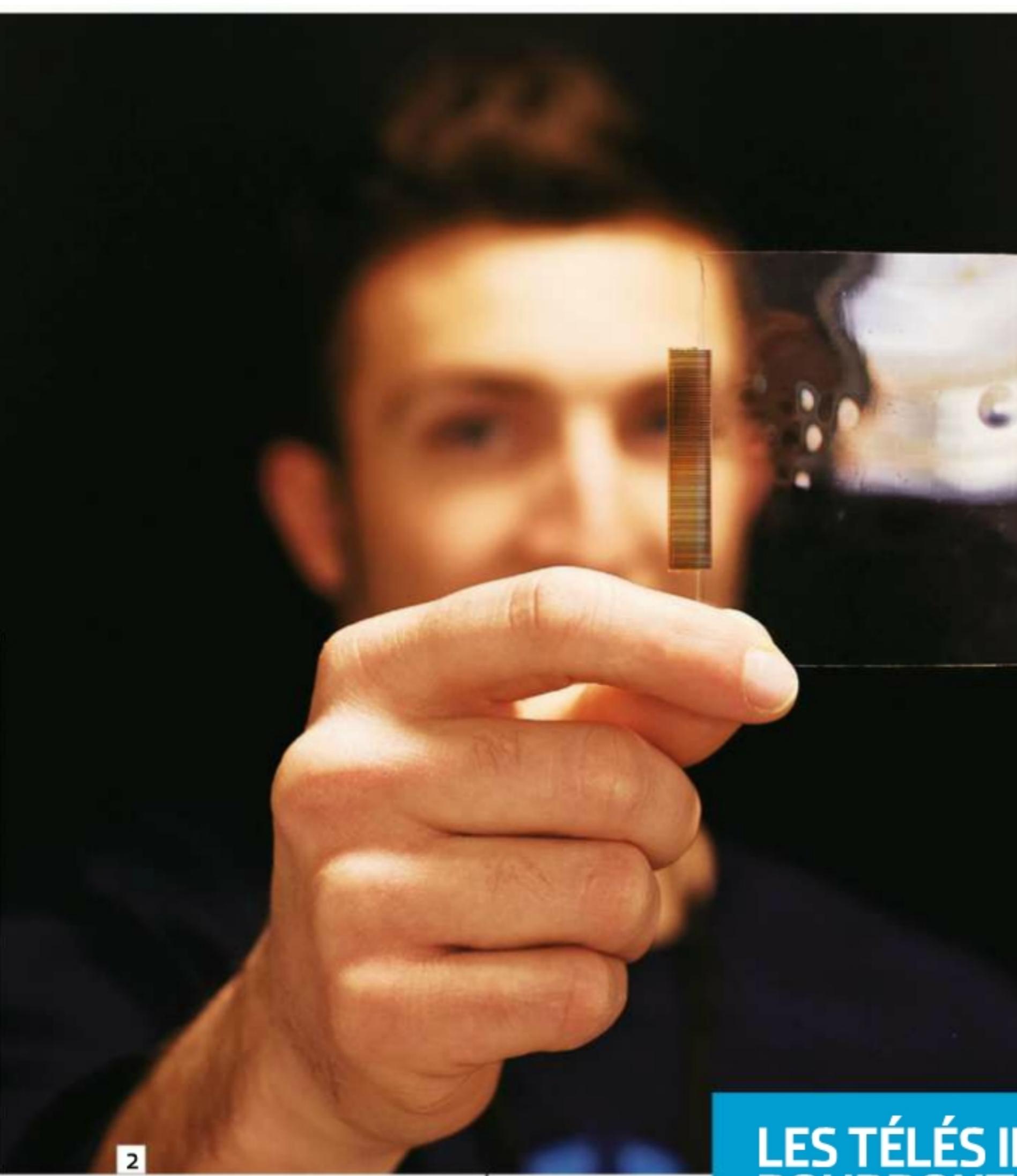


REPÈRES

Le premier écran tactile équipait l'ordinateur *Plato* d'IBM en **1972** ! Et dès **1982**, des surfaces pouvaient détecter plusieurs pressions simultanées. Mais il fallut attendre **2007** pour que le grand public s'apprête la technologie avec l'*iPhone* d'Apple et les tablettes *PC Surface* de Microsoft.

molécules." Ensuite, il n'y a plus qu'à attendre que le liquide s'évapore, déposant alors les nanoparticules qui vont s'accrocher à la surface du plastique et se connecter les unes aux autres *via* leurs molécules de surface, puis à protéger le tout avec un enrobage isolant. Et voilà un film tactile universel !

Une fois ce film connecté à un circuit électronique, il suffit de l'effleurer du doigt pour que la magie opère... Sous l'effet de la pression, le réseau de nanoparticules se déforme et module le courant: la surface détecte la position du doigt mais



2

aussi – et c'est une première – l'intensité de la force qu'elle subit. Un avantage décisif par rapport aux écrans tactiles que l'on peut trouver dans le commerce. "Non seulement ils cessent de fonctionner dès qu'ils sont courbés mais, en plus, ils ne réagissent qu'à la position du doigt, précise Faouzy Soilihi, directeur exécutif de Nanomade. *Ils ne sont pas sensibles à la force exercée.*" Nul doute que lorsque les écrans seront habillés de cette surface miracle, les inventeurs de logiciels trouveront le moyen d'exploiter cette nouvelle sensibilité... M.F.

1

Ce film plastique enrobé de nanoparticules, à la fois transparent et très souple...

2

... a été conçu par Fabrice Séverac et ses collègues toulousains : connecté à un circuit électrique, il rendra tactile n'importe quelle surface.

LES TÉLÉS INCURVÉS POURRONT EN BÉNÉFICIER

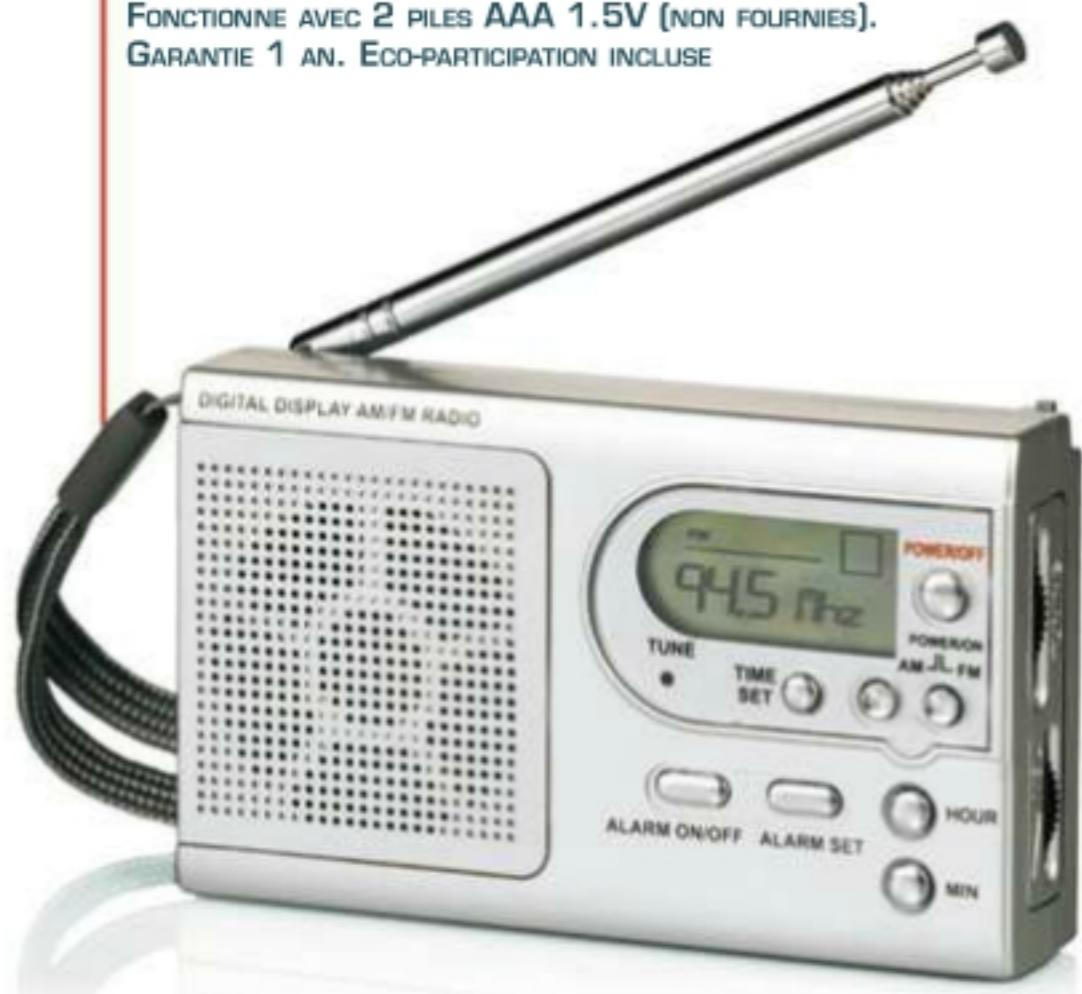
Le nouveau matériau de Nanomade arrive à point nommé. En janvier, lors du salon annuel de l'électronique à Las Vegas, les deux grands fabricants de téléviseurs coréens se sont affrontés... à coups d'écrans incurvés. Samsung a dévoilé toute une famille de télévisions courbes dont la plus grande dépasse les 2,6 m de longueur, tandis que LG exhibait un écran capable de s'arquer ou de s'aplatis à volonté par une simple pression sur une télécommande. Les écrans souples sont nés. Il ne restait plus qu'à les rendre sensibles au toucher. C'est chose faite. De là à imaginer des tablettes qui se plient dans la poche, comme un magazine, il n'y a qu'un pas. A moins que la révolution ne débute au poignet : Samsung vient de lancer une montre intelligente à laquelle les utilisateurs ne cessent de reprocher son écran tactile... désespérément rigide.

Écoutez partout vos émissions de radio préférées !

Design et pratique, ce radio-réveil de poche possède une double fonction : réveil et radio AM/FM. De format poche, elle se transporte très facilement.

Réveil radio FM affichage digital 14,90 €

EN ALUMINIUM BROSSÉ. COLORIS GRIS. ANTENNE TÉLESCOPIQUE. DIM. 90x55x20 MM. SÉLECTION DES FRÉQUENCES FM OU AM. FONCTIONNE AVEC 2 PILES AAA 1.5V (NON FOURNIES). GARANTIE 1 AN. ÉCO-PARTICIPIATION INCLUSE



39,90 €
seulement!
FRAIS D'ENVOI
OFFERTS



Pilotez une Ferrari !

Ce modèle réduit de Ferrari se pilote avec votre téléphone, qui se transforme en volant de course, avec le bruit du moteur.



Ferrari commandée par téléphone smartphone

DIM. 15(H)x40(L)x90(I) MM. Poids 26 g. MODÈLE RÉDUIT 1:50^e. APPLICATION À TÉLÉCHARGER GRATUITEMENT. COMPATIBLE IPHONE 3, 4 ET 5, IPAD ET ANDROID. PILES INCLUSES. TÉLÉPHONE NON FOURNI.

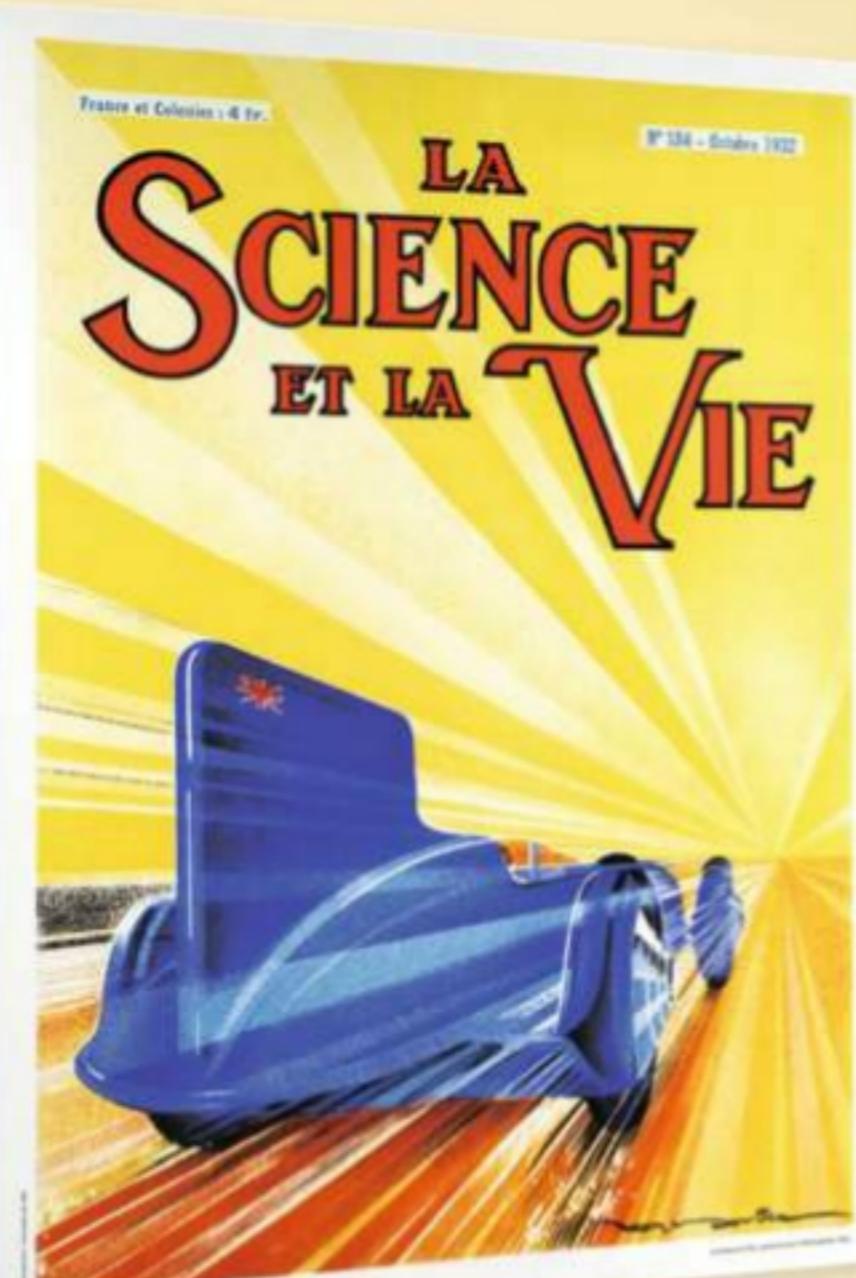
SCIENCE & VIE TÉMOIN D'UN SIÈCLE

Exceptionnel !

Offrez-vous le coffret de 2 livres *Science & Vie* Témoin d'un siècle 1913-2013 en ÉDITION EXCLUSIVE NUMÉROTÉE (300 coffrets seulement disponibles numérotés de 1 à 300) avec la LITOGRAPHIE originale de la couverture *Science & Vie* d'octobre 1932, création des Éditions Maeght.

Offre collector exclusive Coffret Témoin d'un siècle

COFFRET DE 2 LIVRES : 2 LIVRES DE 500 PAGES COULEUR CHACUN. PLUS DE 3000 ILLUSTRATIONS, PHOTOGRAPHIES ET DOCUMENTS. DIM. 22,5x28,5 CM. LITHOGRAPHIE : GRAND FORMAT : 62x86 CM. 11 COULEURS SUR PAPIER 170 G : CRÉATION MAEGHT ÉDITIONS.



Offre
introuvable
ailleurs !

129€
seulement!
FRAIS D'ENVOI
OFFERTS

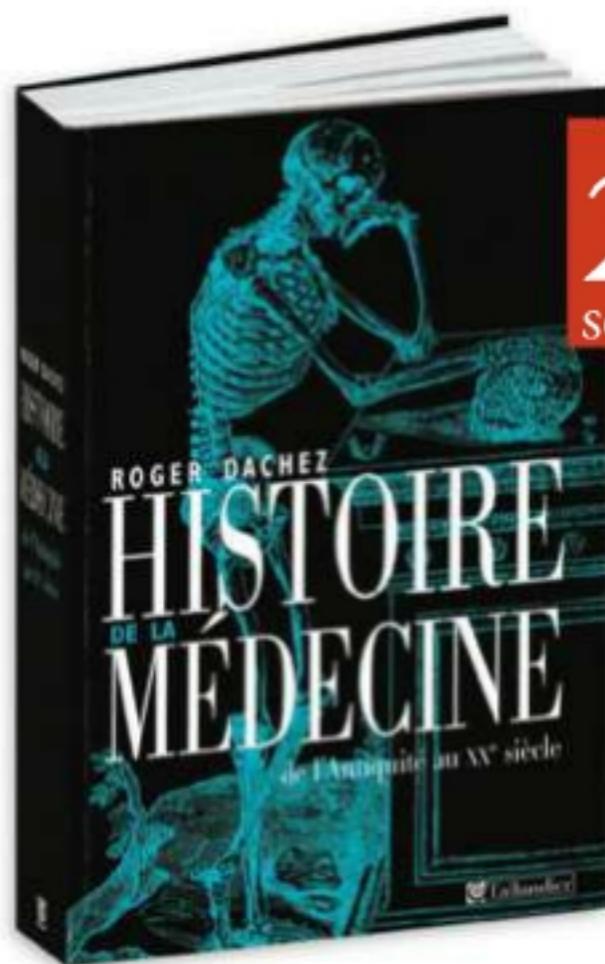
LE MEILLEUR DE
SCIENCE & VIE

Avec le soutien
de l'École
polytechnique
et de sa Fondation

PAIEMENT
3X SANS
FRAIS

La boutique SCIENCE & VIE

www.laboutiquescienceetvie.com



Prix public: 22€
20,90€ seulement
RÉDUCTION SPÉCIALE -5%

Médecine : de la magie à la science

Dévorez cette « histoire de la médecine » de l'Antiquité au XX^e siècle, rédigée avec brio par Roger Dachez, médecin enseignant à l'université Paris VII-Denis-Diderot.

Histoire de la médecine

DIM. 15 CM X 22 CM. 500 PAGES COULEUR. TALLANDIER.

POUR COMMANDER ET S'INFORMER

www.laboutiquescienceetvie.com

Exclusivité Internet : Livraison en Points Relais®

Renvoyez le bon de commande avec votre règlement à
La Boutique SCIENCE & VIE - CS 30271 - 27 092 ÉVREUX CEDEX 9

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

BON DE COMMANDE

Articles	Réf.	Quantité	Prix	Sous-total
Offre collector exclusive Science & Vie Témoin d'un siècle + Litographie	377.226	x	129€	= €
Réveil Radio FM affichage digital	373.928	x	14,90€	= €
Ferrari télécommandée par smartphone	377.580	x	39,90€	= €
Livre Histoire de la médecine	377.564	x	20,90€	= €
Etagère invisible « Ceci n'est pas un livre »	377.572	x	39,90€	= €
SOUS-TOTAL				

FRAIS D'ENVOI
(cocher la case de votre choix)

Frais d'envoi offerts
dès 39 € de commande!

<input type="checkbox"/> Envoi normal	6,90€
<input checked="" type="checkbox"/> Ma commande atteint 39€ Envoi Coliéco	GRATUIT
<input type="checkbox"/> Envoi Colissimo suivi (72h)	7,90€
<input type="checkbox"/> Ma commande atteint 75€ Envoi Colissimo suivi 72h	GRATUIT

TOTAL €

Offres valables en France métropolitaine uniquement dans la limite des stocks disponibles jusqu'au 30/06/2014. Délai de livraison des produits : maximum 3 semaines après l'enregistrement de votre commande sauf si envoi par Colissimo (4 jours max.). Selon l'article L121-20 du code de la consommation, vous disposez d'un délai de 7 jours pour changer d'avis et nous retourner votre colis dans son emballage d'origine complet. Le droit de retour ne peut être exercé pour les enregistrements vidéo descellés. Les frais d'envoi et de retour sont à votre charge. En application de l'article 27 de la loi du 6 janvier 1978, les informations ci-contre sont indispensables au traitement de votre commande. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès de Mondadori. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres organismes. Cochez la case si refus

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

L'OBJET INSOLITE DU MOIS



Étagère

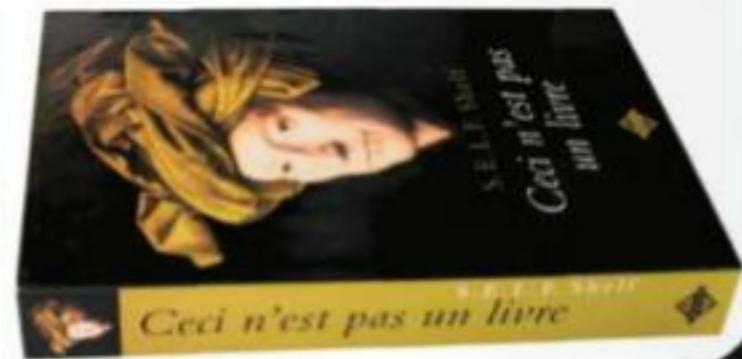
Vous n'y verrez que du feu...

Invisible, cette étagère a l'apparence d'un livre et se fixe au mur très facilement.

Étagère invisible « Ceci n'est pas un livre »

DIM H22 x L15. ZHO CRÉATION. Poids 4KG. LIVRÉ AVEC VIS ET CHEVILLES. COULEUR ROUGE OU BRONZE (PAS DE CHOIX POSSIBLE).

39,90€
seulement!
FRAIS D'ENVOI
OFFERTS



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

> Mes coordonnées

CODE AVANTAGE: 297 028

M. Mme M^{me}

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

Je règle par carte bancaire

Je règle en 1 fois la totalité de ma commande

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

PAIEMENT
3X SANS
FRAIS

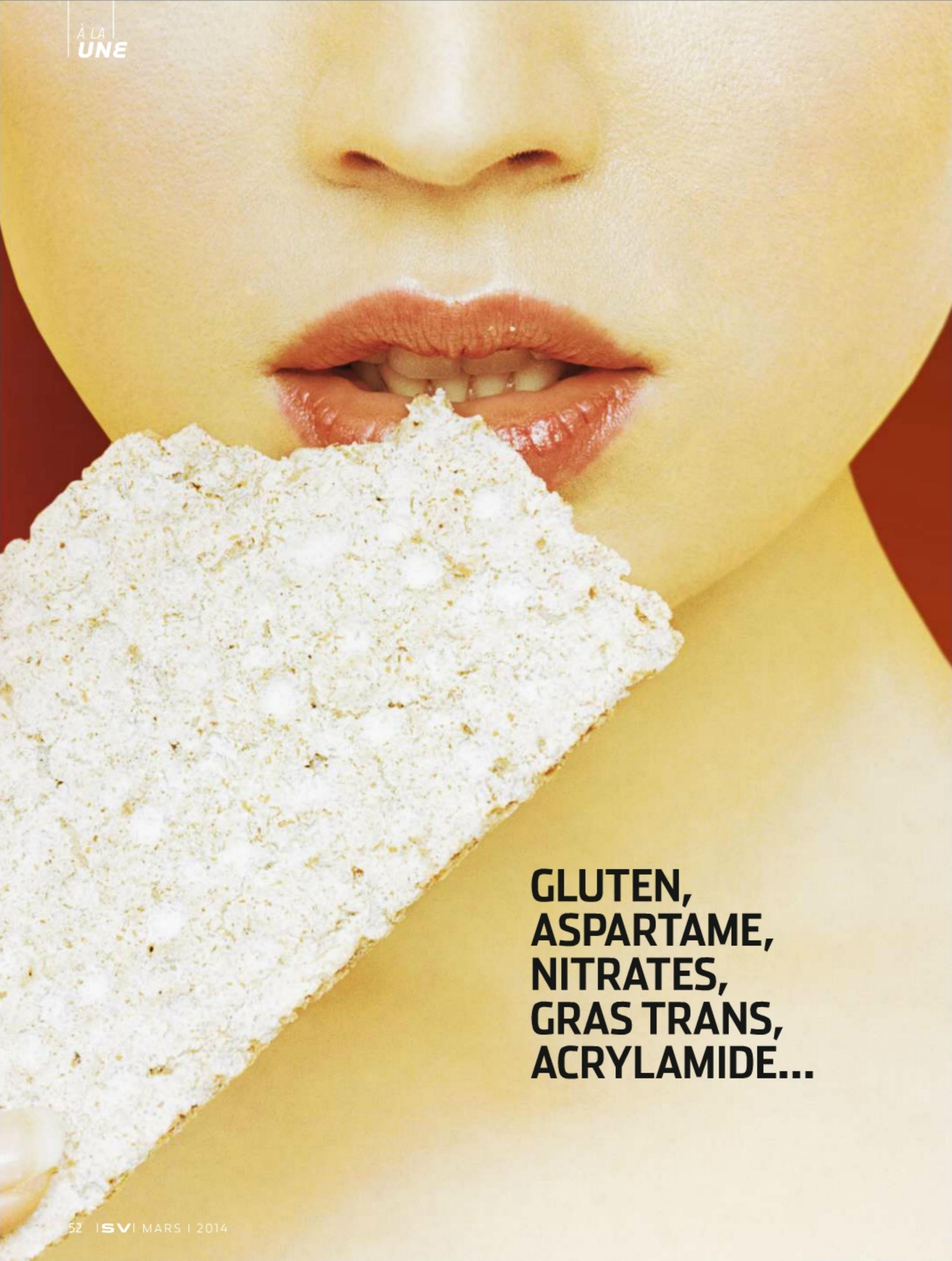
Carte bancaire N° _____

Expire fin: _____ / _____

Date et signature obligatoires

Cryptogramme _____

Les 3 chiffres au dos de votre CB



**GLUTEN,
ASPARTAME,
NITRATES,
GRAS TRANS,
ACRYLAMIDE...**

ENQUÊTE SUR LES NOUVEAUX INTERDITS ALIMENTAIRES

Gare aux nitrates dans l'eau ! Attention au gluten dans le pain !... Difficile aujourd'hui d'échapper aux interdits alimentaires qui ne cessent d'alerter sur ce qu'il est bon ou mauvais de manger pour la santé. Mais est-ce si sûr ? Au terme de notre enquête, il apparaît que certains interdits sont très exagérés. Mais pas d'autres... Explications au cas par cas.

COORDONNÉ PAR
CAROLINE TOURBE, AVEC MARIE-
CATHERINE MÉRAT, CORALIE
HANCOCK ET ODILE CAPRONNIER

Faut-il en manger... ou pas ? Pour un nombre croissant d'entre nous, c'est devenu une habitude que de s'assurer de la qualité de ce qu'on va consommer. Que ce soit au moment de l'achat des produits en magasin, ou de la préparation du repas, la question de son alimentation se pose soudain, teintée d'inquiétude. En clair : ce que l'on s'apprête à ingérer est-il bon, non en termes de saveur, mais pour la santé ? Drôle de question au demeurant, quand les aliments et les substances qui les composent n'ont jamais été aussi bien connus et scrutés par la science... Et que les réglementations

industrielles ont largement éloigné de nos assiettes la menace bactériologique. Mais c'est un fait : de nouvelles peurs empoisonnent désormais la vie du mangeur occidental. Des peurs qui ont pour noms gluten, aspartame, lactose, acrylamide, gras trans... Autant de substances devenues synonymes d'un risque rampant pour notre santé – parfois à raison, mais aussi, parfois, à tort.

Et voilà bien le problème : comment faire le tri entre les informations scientifiquement validées et les autres ? Comment savoir si, au moment de se mettre à table, on est exposé à un →

→ risque réel ou fantasmé? Sans attendre les conclusions de la science, les régimes "sans" se multiplient: "sans gluten" (un composé des céréales), qui intoxiquerait l'organisme; "sans lait", qui serait cancérigène... Dans un tel contexte de suspicion généralisée, un régime radical fait fureur outre-Atlantique et commence même à gagner l'Europe, relayé par de nombreux sites Internet dédiés à la nutrition et à la santé. Pour vivre mieux et plus longtemps, nous devrions carrément éliminer de notre alimentation sucre, sel, céréales, laitages et produits transformés. Ce régime d'ascète a un nom: le régime préhistorique, ou paléo.

UNE DÉFIANCE GÉNÉRALISÉE

Apparus pour la première fois aux Etats-Unis dans les années 1980, les différents types de régimes préhistoriques connaissent aujourd'hui un renouveau et inspirent une avalanche de livres, blogs... Prônant le retour à une alimentation naturelle, leurs adeptes estiment qu'ils seraient "plus compatibles avec les besoins de notre espèce". Pourtant, ces prescriptions ne reposent sur aucune base scientifique solide. "Le titre de régime 'préhistorique' est complètement usurpé car il n'existe pas de régime préhistorique: il y en a plein", rectifie Jean-Denis Vigne, biologiste et archéologue (CNRS). Les gens qui suivent ce type de régime doivent être bien conscients que les hommes préhistoriques ont, au contraire, adapté leur alimentation. Ils prenaient tout ce qu'ils trouvaient. Ils n'étaient jamais contraints, et c'est ce qui a fait la réussite de notre espèce à la surface du globe." Et d'ajouter: "Il ne faudrait pas oublier que l'espérance de vie pendant les temps préhistoriques était de 20 ou 25 ans!"

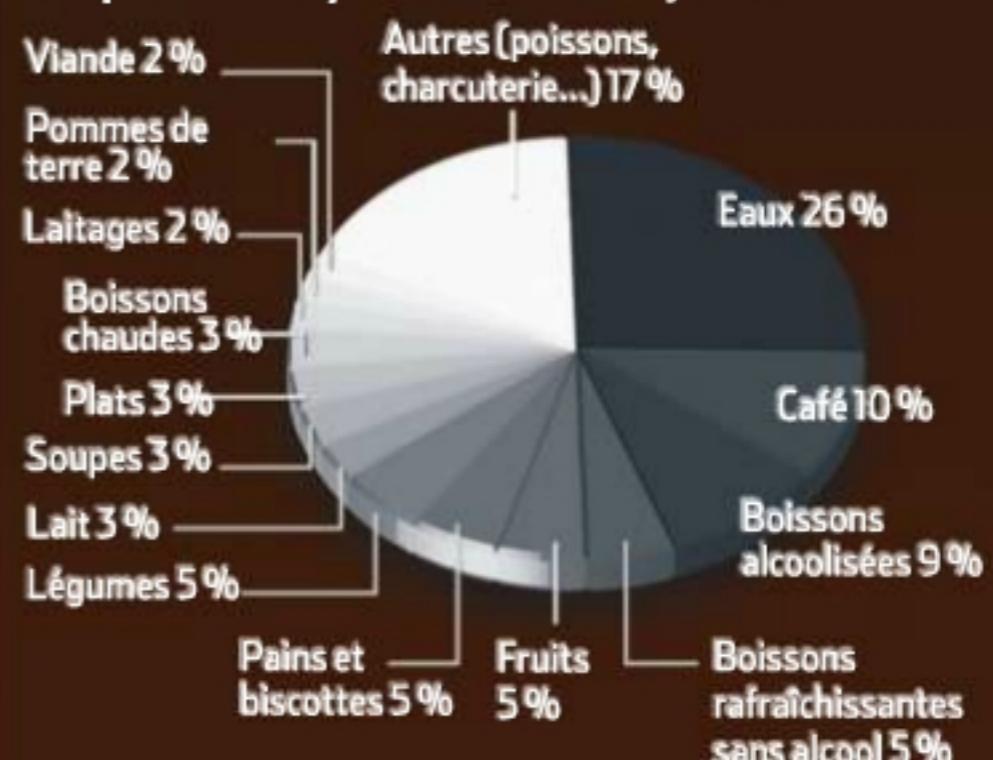
Et c'est vrai que cette défiance occidentale généralisée vis-à-vis de l'alimentation a de quoi surprendre dans une partie du monde où l'espérance de vie n'a jamais été aussi élevée (elle est, en France, de 78 ans pour les hommes et 85 ans pour les femmes). Alors, →

Des Français de plus en plus soucieux de ce qu'ils mangent

Un régime alimentaire plutôt varié...

Un Français adulte consomme en moyenne un peu plus de 2,7 kg d'aliments par jour, dont 56 % sous forme liquide. Certains de ces aliments sont consommés au moins une fois par semaine par 80 % de la population: le pain, les sucres, les pommes de terre...

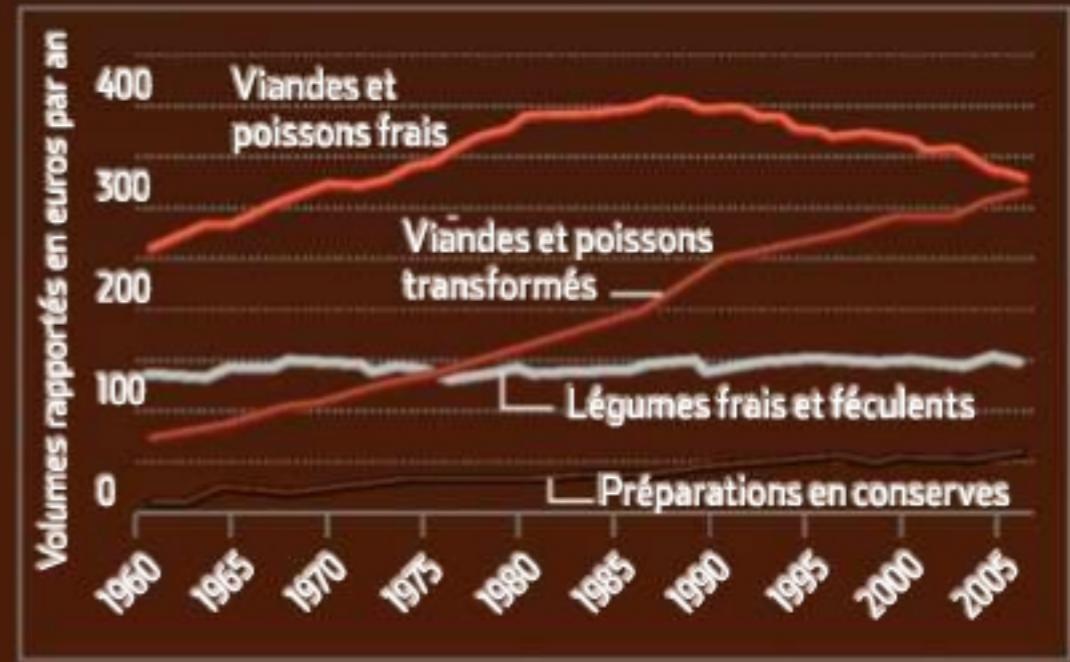
Composition moyenne de la ration journalière



SOURCE: INCA2

... avec un goût de plus en plus marqué pour les produits d'origine industrielle...

La consommation d'aliments déjà préparés a plus que doublé en quarante-cinq ans. Cette industrialisation de l'alimentation dans les pays occidentaux s'accompagne d'une préoccupation grandissante pour l'impact sanitaire de nos régimes alimentaires.



SOURCE: INSEE

... et une préoccupation croissante pour les conséquences de l'alimentation sur la santé

Réponses à la question: Si je vous dis "bien manger", à quoi pensez-vous ?



SOURCE: CREDOC

Les Français placent désormais l'équilibre devant le plaisir et la convivialité dans leur perception du "bien manger". En 1995, le plaisir de manger était subordonné à la santé pour seulement 12 % d'entre eux, c'est désormais le cas de 47 %...

Entre réalité et fantasmes : les 7 aliments qui font le plus peur

Les acides gras trans (viande, biscuits...) p. 58

Accusés de provoquer des maladies cardio-vasculaires

Les nitrates (eau, légumes...) p. 58

Accusés d'être cancérogènes et d'empêcher la fixation de l'oxygène par les globules rouges

L'acrylamide (frites, café...) p. 62

Accusée de provoquer des cancers du sein, de l'utérus, de l'ovaire ou colorectal

Les OGM (soja, maïs...) p. 63

Accusés de provoquer des cancers du rein et du pancréas

Le gluten (pain, farines...) p. 56

Accusé de provoquer le cancer de l'intestin, l'ostéoporose, des maladies du système immunitaire, le diabète ou la stérilité

Les facteurs de croissance (produits laitiers...) p. 60

Accusés de provoquer des cancers colorectal, du sein et de la prostate

L'aspartame (boissons, bonbons...) p. 59

Accusé d'être cancérogène et de provoquer des accouchements prématurés

→ pourquoi les peurs alimentaires se sont-elles accrues tout particulièrement depuis le milieu des années 1990 (voir infographies p. 54)? Paradoxalement, il pourrait s'agir d'un dégât collatéral des politiques de santé publique visant justement à pousser les populations à "manger mieux".

Il y a 15 ans, notre pays était l'un des derniers, en Europe, à ne pas s'être doté d'une politique de santé publique permettant de passer en revue les bonnes et les mauvaises habitudes alimentaires de ses habitants. Tous nos voisins, ou presque, avaient bénéficié de vastes campagnes d'information sur les comportements alimentaires qui permettaient de lutter contre l'augmentation ou la survenue d'un grand nombre de maladies chroniques (cancers, diabète, troubles cardio-vasculaires...).

Alors que la population française était, elle aussi, de plus en plus frappée par ces maux, il a fallu attendre

JUSTIFIÉES AU DÉPART, VOICI QUE LES NORMES ALIMENTAIRES ONT UN EFFET PERVERS

2001 pour que le premier "plan national nutrition santé" soit mis en place. Parmi ses messages les plus connus: "manger au moins 5 fruits et légumes par jour", "éviter de grignoter en dehors des repas", "limiter le sel, les graisses, les sucres"... Autant de normes alimentaires édictées selon des données scientifiques récentes, qui ont désormais bien imprégné notre vie quotidienne. Mais comme un retour de balancier, le contenu de notre assiette est, depuis, devenu systématiquement sujet à caution, ou presque. Arguments scientifiques solidement établis, débats encore vifs dans la communauté... *Science & Vie* fait la lumière sur sept peurs majeures qui règnent sur notre assiette. Si certaines sont justifiées, d'autres ne le sont pas. Bien manger, c'est aussi manger sans peur... C.T. avec M.-C.M.

LE GLUTEN *Dangereux...*

Le régime antigluten fait de plus en plus d'adeptes. Selon une étude publiée fin 2012 dans le *British Medical Journal*, de 15 à 25 % des Américains souhaitent aujourd'hui consommer des produits sans gluten. Et le rejet de cet ensemble de protéines contenues dans les céréales telles que le blé, le seigle ou l'orge, et décrit dès le XVIII^e siècle, gagne un à un les pays occidentaux. Mais toutes les personnes qui s'en privent ont-elles vraiment quelque chose à craindre ?

La réponse est clairement non. Car une chose est sûre: si le gluten s'avère parfois terriblement toxique... c'est uniquement chez un tout petit nombre de personnes. "Chez le 0,5 à 1% de la population qui souffre d'une maladie cœliaque", explique Christophe Cellier, gastro-entérologue à l'hôpital européen Georges-Pompidou, à Paris. Appelée intolérance au

gluten, cette maladie concerne le système immunitaire et survient chez des sujets prédisposés génétiquement. Pour eux, aucun doute, le gluten est le coupable désigné de tous leurs maux.

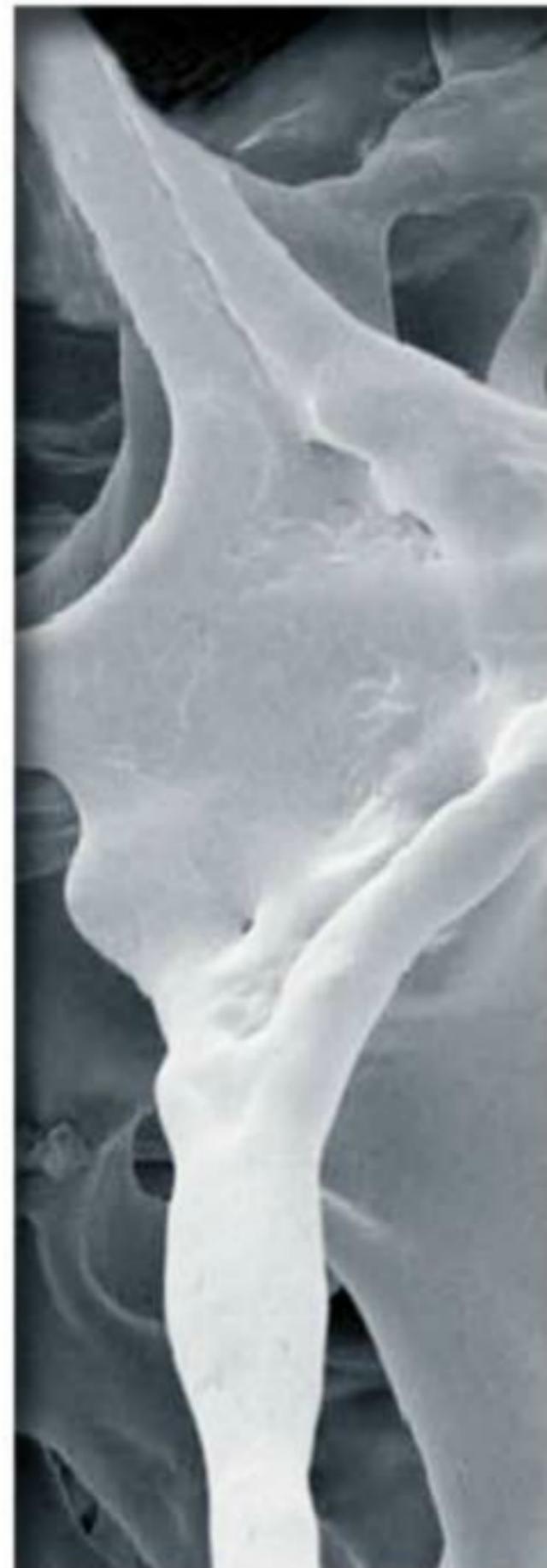
Peu de dépistages

L'une des protéines qui composent le gluten, la gliadine, déclenche chez eux une réaction immunitaire excessive qui détruit progressivement la paroi interne de leur intestin. Lorsque les symptômes sont nets (amaigrissement, diarrhées, douleurs intestinales, retard de croissance...), le diagnostic se pose sans ambiguïté grâce à un dosage de plusieurs anticorps (dont les antigliadiques), suivi d'une biopsie de l'intestin. Il suffit alors de suivre un régime sans gluten strict pour guérir complètement.

Précision: dans la majorité des cas, les personnes souffrant d'une maladie cœliaque ne sont pas dépistées.

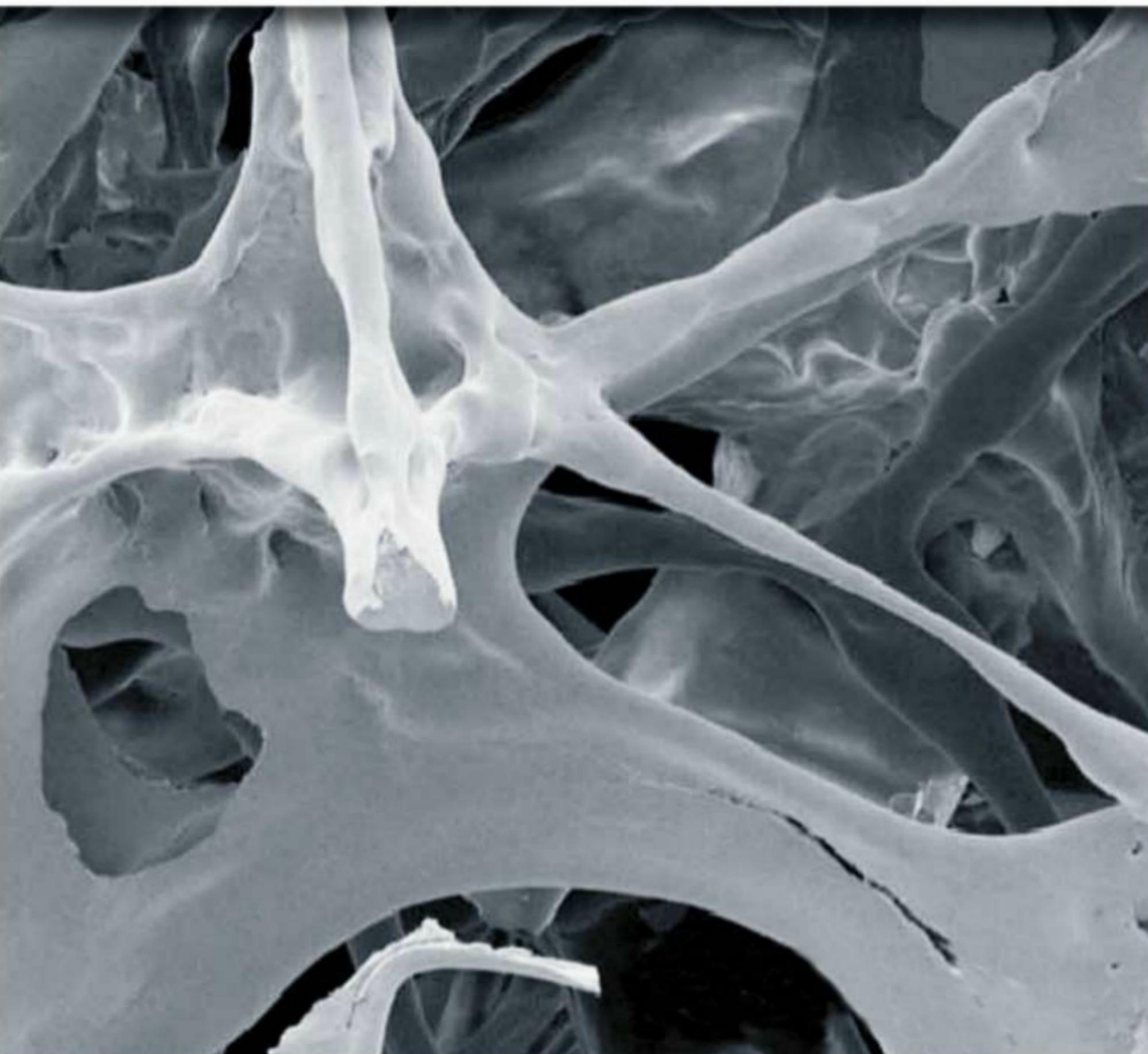
LES ALIMENTS CONCERNÉS:

Farines, pains, pâtes et pâtisseries industrielles ou non, et aliments contenant des épaississants à base de farine (plats cuisinés, sauce, poissons panés...).



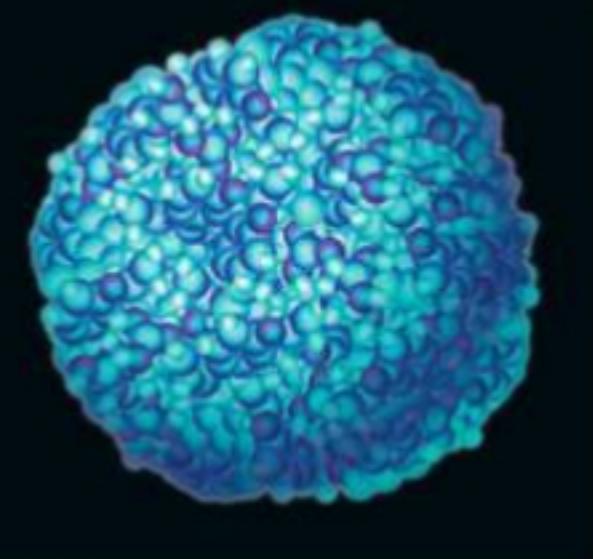
Leurs symptômes étant mineurs (anémie, ballonnements, fatigue...), voire inexistant, la maladie n'est souvent repérée que tardivement, ou jamais. Résultat: selon les gastro-entérologues, parmi le 0,5 à 1% potentiellement touché, seuls 10 à 20 % des personnes sont diagnostiquées. Et, c'est vrai, pour certaines d'entre elles, la consommation prolongée de gluten peut avoir des conséquences désastreuses: aggravation

mais pour très peu de personnes



C'EST QUOI ?

Un ensemble de protéines végétales que l'on retrouve dans des céréales (blé, orge ou seigle). Il constitue, avec l'amidon, les réserves de la graine. Sa composition chimique associe principalement de la gluténine et la gliadine, qui donnent à la farine ses propriétés visqueuse et élastique.



des symptômes, accumulation de carences pouvant aboutir à une ostéoporose, développement d'autres maladies auto-immunes, d'un diabète, d'une stérilité, voire d'un cancer de l'intestin.

Et l'hypersensibilité ?

Scientifiquement, l'affaire de l'intolérance au gluten semblait réglée. Mais c'était avant que survienne une étrange "pathologie" – que certains médecins hésitent encore à qualifier de "maladie" –, qui a commencé à semer le doute sur la toxicité du gluten chez une

population cette fois bien plus large. Le nom de cette entité ? L'hypersensibilité au gluten. Maux de ventre, fatigue, ballonnements : les symptômes d'inconfort peuvent évoquer l'intolérance au gluten... "sauf que l'examen médical ne révèle pas de traces d'atrophie des replis de la paroi intestinale ni d'anticorps positifs", observe Jérôme Viala, pédiatre gastro-entérologue à l'hôpital Robert-Debré, à Paris. Et faute de critères objectifs, les médecins ne peuvent classer cette entité à la frontière entre la maladie coeliaque et les troubles intestinaux (du

type intestin irritable). Il est donc difficile de savoir combien de personnes sont réellement concernées par cette hypersensibilité. Sachant que les autodiagnostics sont de plus en plus nombreux. Quelques études se risquent à avancer le chiffre de 6 à 10 % de la population... en se basant sur la déclaration de symptômes ressentis, mais non objectivés.

Si la réalité de cette forme d'"hypersensibilité alimentaire" semble aujourd'hui reconnue par une large communauté scientifique, la culpabilité du gluten n'est cependant pas clairement

établie. Une récente hypothèse suggère même que la réduction des symptômes observée en cas de régime restrictif serait due à l'élimination des sucres non digestibles : les FODMAPs, qui ont la fâcheuse tendance à fermenter et qui se trouvent dans les mêmes aliments que le gluten... "Beaucoup de personnes déclarent se sentir mieux lorsqu'elles excluent le gluten de leur alimentation, mais excluent-elles seulement le gluten?", s'interroge Nadine Cerf-Bensussan, spécialiste des mécanismes immuno-pathologiques de la maladie coeliaque à la faculté de médecine Necker, à Paris.

Voilà toute la singularité de ce nouvel interdit : de plus en plus de personnes le bannissent pour de mauvaises raisons, tandis que d'autres continuent d'en consommer alors qu'il est éminemment toxique pour elles... M.-C.M.

LES ACIDES GRAS TRANS

Une interdiction

C'est un cas exemplaire où la science a finalement réussi à poser un interdit ! Et, de ce fait, à endiguer une menace parfaitement réelle. Le moment crucial fut la publication, en 1997, de l'étude menée par des chercheurs de l'Ecole de santé publique d'Harvard, qui démontra ce que d'autres avaient déjà pressenti : les acides gras trans (AG trans) d'origine industrielle contenus dans

LES ALIMENTS CONCERNÉS :

A l'état naturel : dans le lait et la viande des ruminants. D'origine industrielle : dans la margarine, les pâtes industrielles, le pain, les biscuits...

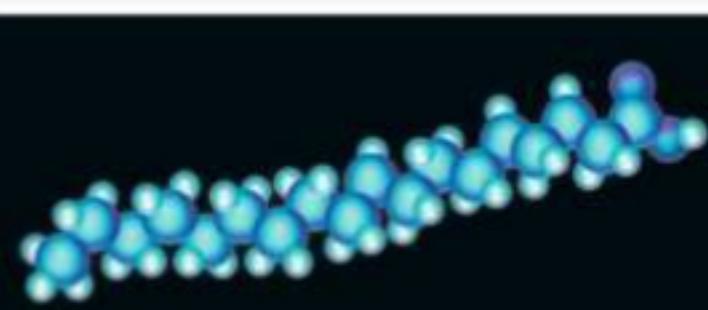
les aliments préparés (gâteaux, pizzas, pâtes feuilletées...) sont mauvais pour le cœur. Avec un chiffre choc : une augmentation du risque cardio-vasculaire de 132 % ! Et pour cause : ces acides gras ne se contentent pas d'augmenter le taux de "mauvais" cholestérol dans le sang, ils diminuent aussi celui de "bon" cholestérol.

Pour limiter cette hécatombe, le Danemark a, le premier, interdit dès 2004 la commercialisation d'aliments dont plus de 2 % des graisses sont des AG trans. Avec succès. "Le nombre de décès pour causes cardio-vasculaires a diminué de 70 %", indique Steen Stender, chercheur à l'université de Copenhague. La Suède, la Norvège, l'Autriche, l'Islande et la Suisse ont adopté une réglementation similaire, et les Etats-Unis y réfléchissent.

C'est incontestable : les gras trans, issus de la solidification des huiles par un procédé d'hydrogénéation, sont une menace. Rien qu'aux Etats-Unis, ils sont responsables chaque année de "70000 à 100000 décès prématuress des suites d'une crise cardiaque ou d'une maladie cardio-vasculaire", selon l'épidémiologiste Meir Stampfer, à Harvard.

La situation s'améliore

En France, où les gras trans ne sont pas interdits, les garçons de 12 à 14 ans ont été identifiés par les autorités sanitaires en 2005 comme une population à risque, avec une consommation supérieure à 2 % de leur apport énergétique total. En 2009, selon l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation (Anses), la situation paraissait s'améliorer.



C'EST QUOI ?

Ces graisses sont formées d'une chaîne d'atomes de carbone et d'hydrogène (partie grasse), terminée par un groupe carboxyle (partie acide). Leur configuration différencie les gras trans des autres graisses.

"Il semble qu'il y ait eu une prise de conscience des industriels, et certains ont diminué les quantités de gras trans incorporées dans leurs produits", indique Irène Margaritis, chef de l'unité des risques liés à la nutrition à l'Anses. Ce qui fait dire à Jean-Michel Chardigny, chercheur à l'Inra, que "le problème des AG trans est en grande partie derrière nous". C.H.



LES NITRATES

Leur mauvaise réputation

Les idées reçues ont la peau dure. Alors que la chasse aux nitrates dans l'eau consommée continue, les preuves scientifiques s'accumulent révélant que ces composés ne sont pas si nocifs que cela. Ils seraient même bénéfiques pour notre santé ! D'où

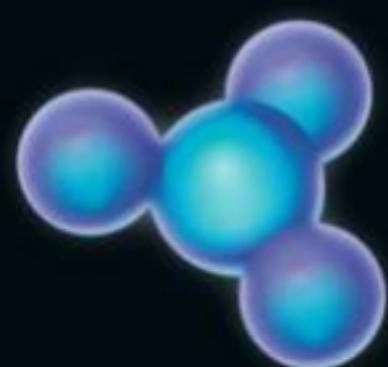
vient alors la triste réputation des nitrates ? Elle remonte à 1945, lorsqu'un médecin américain, Hunter Comly, les incrimine dans le "syndrome des bébés bleus", une mauvaise fixation de l'oxygène par les globules rouges. Malgré les études qui prouvent en-

suite leur innocuité, le soupçon a persisté. D'autant qu'on les a aussi soupçonnés dans les années 1970 de réagir avec les protéines pour former des composés cancérogènes, les nitrosamines. Du moins chez la souris, et à des doses extrêmes ; car chez l'homme, cela n'a jamais été démontré. Mieux, les études les plus récentes tendent à prouver le contraire. Il est désormais démontré que les nitrates alimentaires permettent à

l'organisme de fabriquer du monoxyde d'azote, un puissant agent vasodilatateur. Réduction de la tension artérielle, du potentiel d'agrégation des plaquettes, meilleure résistance au stress de la paroi vasculaire : les effets observés après la prise d'une boisson fortement nitratée vont tous dans le sens d'une réduction du risque d'infarctus ou d'attaque cérébrale. D'un côté des risques réfutés, de l'autre des bénéfices réels mais sous-estimés :

C'EST QUOI ?

Composé d'azote et d'oxygène, l'ion nitrate est un élément minéral nutritif pour les végétaux et les micro-organismes.



totalement justifiée



est imméritée

LES ALIMENTS CONCERNÉS :

L'eau du robinet et en bouteille (seuil de 50 mg/l maximum) et certains légumes (verts à feuilles, betteraves rouges...)

les nitrates ne méritent décidément pas leur mauvaise réputation. La position des autorités sanitaires est à cet égard paradoxale. D'une part, elles surveillent sa teneur dans l'eau du robinet et recommandent de ne pas dépasser 250 mg/jour chez l'adulte; de l'autre, elles encouragent à manger des légumes qui en contien-

nent naturellement, prônant un régime alimentaire qui conduit à dépasser ce fameux seuil... Si leur impact sur l'environnement (marées d'algues vertes) du fait d'un usage agricole excessif reste un problème, le risque qu'ils feraient courir à notre santé ne doit plus faire partie des arguments à charge contre eux.



O.C.

L'ASPARTAME

Ni vraiment coupable ni tout à fait innocent

Depuis quelques années, l'aspartame en prend pour son grade. En 2011, deux études indiquant un risque possible de cancer et d'accouchement prématuré lié à cet édulcorant ont soulevé en France une tempête médiatique, mettant au jour les failles du système d'évaluation des risques sanitaires censé garantir l'innocuité de nos aliments (voir *S&V* n° 1126). Au point que l'Agence européenne de sécurité alimentaire (Efsa) a dû engager une réévaluation de cette molécule. Ses conclusions, rendues au mois de décembre dernier, se voulaient rassurantes: le danger apparaîtrait à des quantités beaucoup plus élevées que

LES ALIMENTS CONCERNÉS :

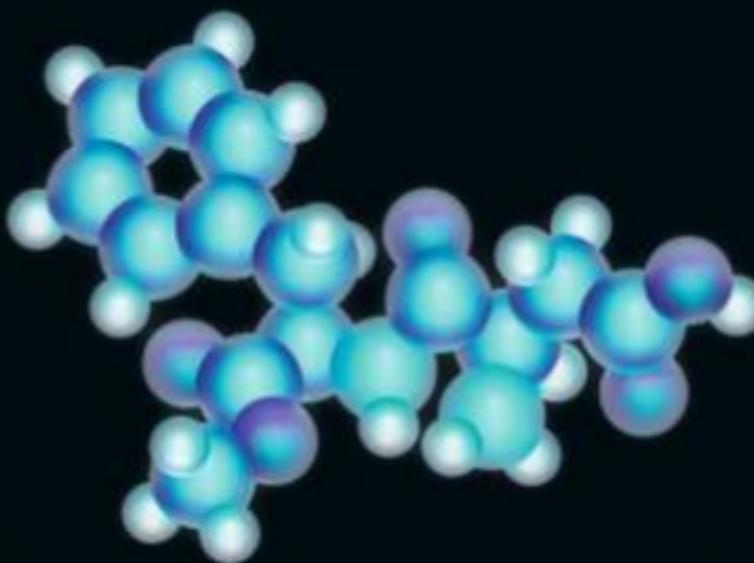
Tous ceux comptant le E911 dans la liste de leurs ingrédients, les sodas et médicaments au goût sucré, portant l'appellation "light", "allégé", "0 %" ou "sans sucre".

celles que la population consomme réellement. Mais cette analyse présente plusieurs points faibles qui entament sa crédibilité (voir *S&V* n° 1157). En l'état, la science a donc bien du mal à trancher: si rien ne prouve clairement que cet édulcorant est dangereux, rien n'indique clairement son innocuité non plus. Et le doute ne devrait pas être levé avant encore quelques années.

E.A.

C'EST QUOI ?

Cet édulcorant intense est une molécule de synthèse au goût sucré 200 fois plus fort que celui du vrai sucre, tout en contenant deux fois moins de calories.



DES CHIFFRES PAS TOUJOURS SCIENTIFIQUES

■ 1,5 litre d'eau par jour

Aussi surprenant que cela paraît, ce conseil n'émane d'aucun organisme officiel, mais d'un message publicitaire lié à la taille des bouteilles d'eau vendues en France ! Il a fallu attendre 2010 pour que l'Autorité européenne de sécurité des aliments (Efsa) se prononce sur un apport adéquat de 2 litres pour les femmes et de 2,6 litres pour les hommes... qui inclut l'eau des aliments que nous ingérons (environ un demi-litre).

■ 5 fruits et légumes par jour

En 2000, lorsqu'il s'est agi d'élaborer les premières recommandations, les autorités ont envisagé le seuil de 10 fruits et légumes par jour. Mais "il aurait fallu compter les herbes de Provence du steak ou les gouttes de citron dans le thé pour arriver à 10", explique Denis Corpet, professeur de toxicologie à l'université de Toulouse. Intenable. D'autant que la consommation moyenne des Français était alors de 3,5 fruits ou légumes. L'objectif a donc été ramené à 5... en tenant compte d'une étude qui venait de démontrer une baisse de 31 % du risque de cancer chez les hommes prenant des antioxydants en gélules. Une dose traduite, en gros, en fruits et légumes !

■ 3 produits laitiers par jour

Cette recommandation se base sur les apports nutritionnels conseillés par l'Anses, soit, pour le calcium, 900 mg/jour pour un adulte. En deçà, nous perdons plus de calcium que nous n'en consommons. Concrètement, cela équivaut, à la louche, à 3 produits laitiers par jour (jusqu'à 4 pour les enfants et les personnes âgées).

LA GALE DU LAIT

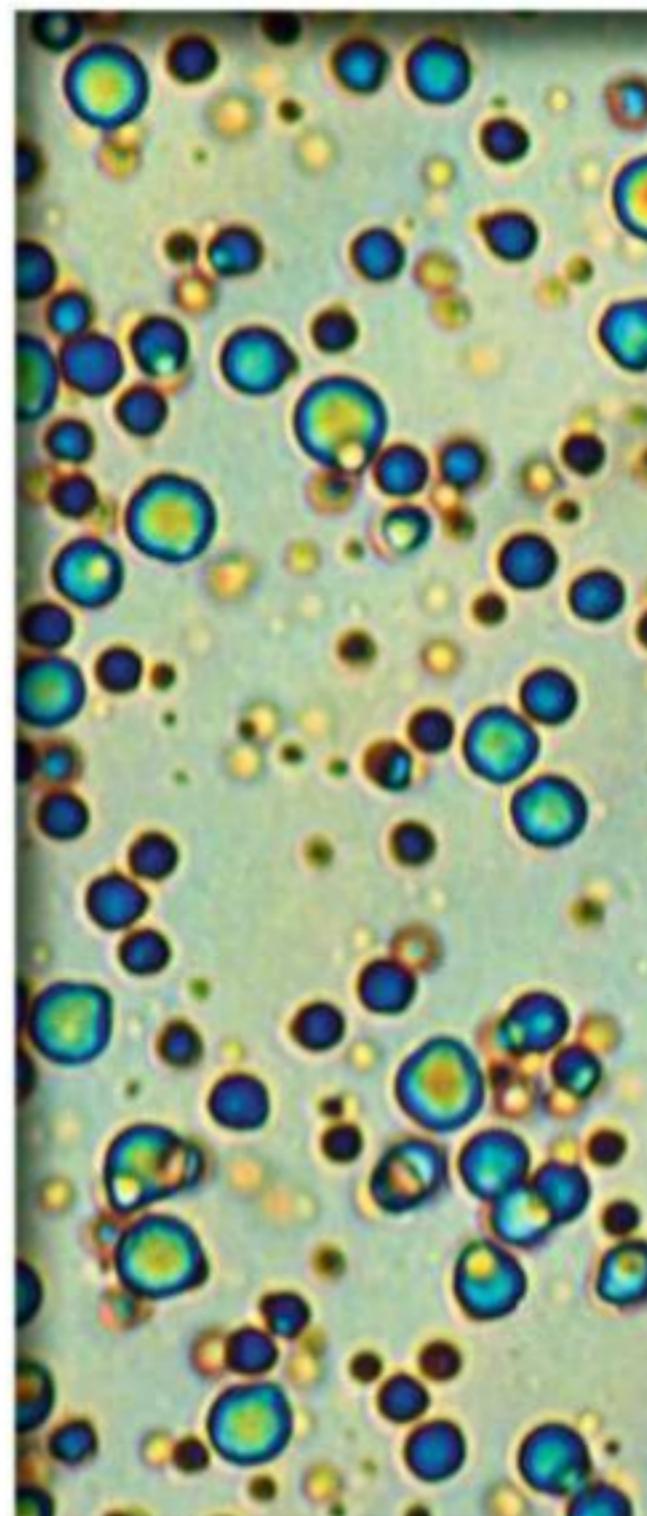
Des craintes

La mauvaise réputation du lait de vache va grandissant. En cause ? Principalement, le lactose et les facteurs de croissance qu'il contient. Le premier peut provoquer des troubles gastro-intestinaux, le plus souvent transitoires, mais il peut aussi être lié à une maladie du système immunitaire, la maladie coeliaque. Les facteurs de croissance, eux, sont accusés d'augmenter les risques de cancer chez les gros consommateurs de lait. *L'alimentation ou la troisième médecine*, publié en 1996 par un très respectable chirurgien de l'université de Montpellier, n'est pas étranger à cette méfiance, en France tout du moins. Le scientifique, aujourd'hui décédé, y prônait un retour à une alimentation ancestrale privilégiant les aliments crus et excluant les céréales et... le lait, suspecté d'être à l'origine

d'un grand nombre de maladies contemporaines, à commencer par le cancer.

Des conclusions manipulées

Entre 1999 et 2007, la consommation de produits laitiers a chuté en France de 24,4 %. En 2009, l'association Familles de France, inquiète "du nombre croissant de sites internet et d'ouvrages soutenant la thèse selon laquelle des facteurs de croissance contenus dans le lait et les produits laitiers consommés pourraient accroître le risque de cancer", saisissait l'Agence française de sécurité sanitaire (Afssaps, devenue Anses) pour demander une évaluation. D'où viendrait ce lien ? "Le lait contient des facteurs de croissance et c'est là qu'il y a un hic, car qui dit facteurs de croissance dit prolifération cellulaire", observe Francis Raul, de l'Institut de recherche contre les cancers de l'appareil digestif, à Strasbourg. Or, le cancer est précisément le résultat d'une multi-



plication anarchique des cellules. "D'où l'idée que ces facteurs, ingérés en buvant du lait, s'ajouteraient aux facteurs de croissance naturellement fabriqués par l'organisme et favoriseraient les cancers", explique le chercheur.

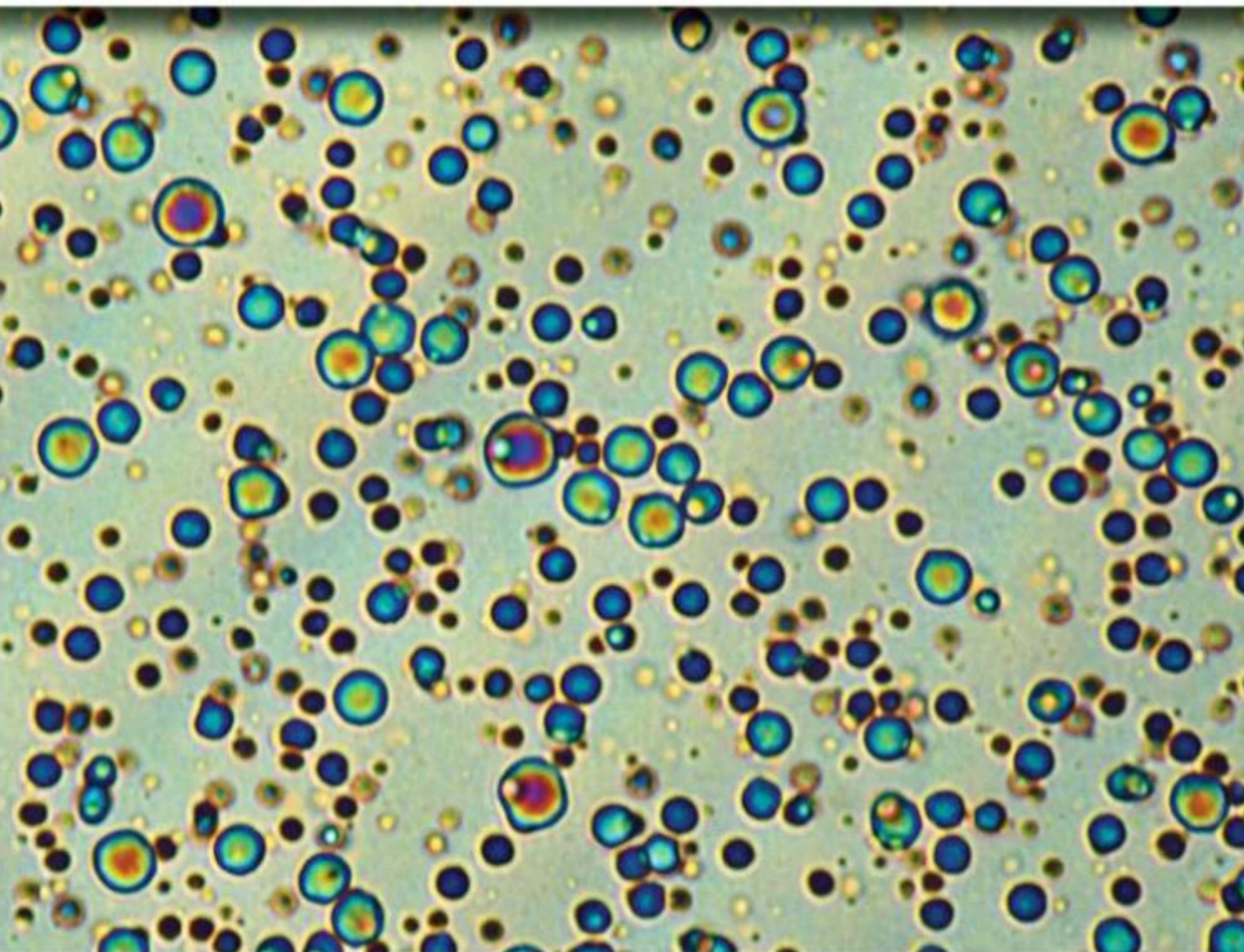
Qu'en est-il réellement ? Certes, comme le souligne l'Anses dans son avis, il existe un lien entre la concentration d'IGF-1 dans le sang, le facteur de croissance le plus important et le plus étudié, et le risque de cancer. Ce lien est notamment observé dans le cas des cancers du sein, colorectal et de la prostate. Sauf que le



LES ALIMENTS CONCERNÉS :

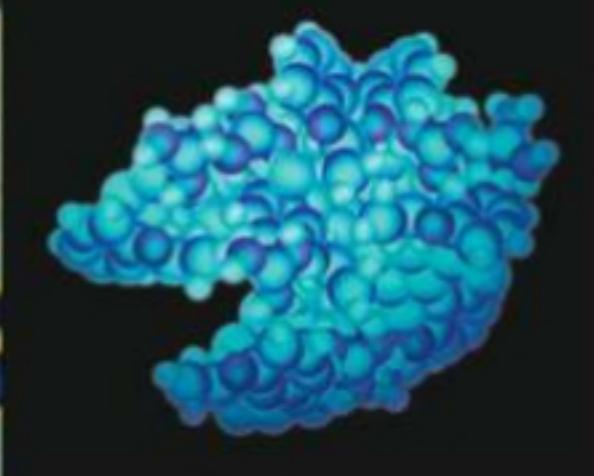
Principalement le lait, et tous les produits laitiers à des concentrations qui varient en fonction des processus de fabrication.

infondées et des vertus sous-estimées



C'EST QUOI ?

Les facteurs de croissance du lait sont des molécules complexes. Naturellement présents dans le lait (micrographie à g.), ils jouent un rôle dans la croissance des cellules.



lait joue pour une très faible part dans cette concentration sanguine. Les facteurs de croissance qui le composent sont quasiment éliminés lors de son traitement à haute température (le procédé UHT). Un bol de lait contient ainsi 100000 fois moins d'IGF-1 que ce que notre organisme produit naturellement chaque jour. Sans compter que les facteurs de croissance résiduels sont ensuite détruits par nos enzymes digestives. *“L’Agence considère que la contribution de l’IGF-1 d’origine laitière au risque de cancer, si elle existe, serait faible”*, conclut, avec une belle prudence, l’Anses.

Mais le rapport le plus complet sur la question des liens entre alimentation et

cancer, et notamment entre lait et cancer, est sans conteste celui du Fonds mondial de recherche contre le cancer (WCRF). Publié en 2007, et régulièrement mis à jour, il base toutes ses analyses sur une revue exhaustive de la littérature scientifique. Si ses conclusions sont allègrement tronquées et manipulées par les “anti-lait” (associations, publications...), elles ne souffrent pourtant aucune ambiguïté. Loin de provoquer des cancers, le lait possède au contraire des vertus protectrices contre le risque de cancer colorectal ou de la vessie, et n'est pas en cause dans le cancer du sein. Seules des “preuves limitées” montrent en revanche une

association entre la consommation de lait et la survenue du cancer de la prostate... pour des sujets consommant au moins 1,5 g de calcium par jour, soit l'équivalent de deux fromages entiers ou plusieurs litres de lait par jour ! Des résultats qui concernent peut-être les populations d'Europe du Nord, grandes consommatrices de lait (les Finlandais en ingurgitent 158 litres par an), mais nullement la population française (dont la consommation moyenne est de 66 litres par an).

Reste un ultime sujet qui focalise l'inquiétude autour du lait : l'intolérance au lactose, liée à un manque ou à une absence de fabrication de lactase par l'organisme. Sans cette enzyme, impossible de digérer correctement le lait et les produits laitiers, d'où des troubles gastro-intestinaux, plus ou moins sévères, quoiqu'ils puissent être simplement transitoires.

Gare aux confusions

Mais au vrai, c'est surtout la confusion entre l'intolérance au lactose et la maladie cœliaque qui alimente la peur. Cette maladie du système immunitaire peut provoquer une destruction partielle de la paroi intestinale et survient chez des sujets prédisposés génétiquement (0,5 à 1 % de la population). Liée à la consommation de gluten (voir encadré p. 56), elle peut provoquer une intolérance au lactose. Mais il s'agit alors d'une conséquence et non d'une cause de la maladie. La crainte d'une maladie cœliaque ne doit donc pas, *a priori*, pousser à réduire sa consommation de lait.

M.-C.M.

L'ACRYLAMIDE

Une forte suspicion, mais

Cuire, griller ou frire nos aliments nous expose-t-il à un risque de cancer ? Ici, la science croise le mythe d'une cuisson qui dénaturerait les aliments. Poussé à l'extrême il a même engendré il y a plus d'un siècle la "raw food diet", un régime à base de nourriture crue. Sauf qu'ici l'inquiétude porte sur une molécule précise : l'acrylamide, qui se forme naturellement à la surface de certains aliments lorsqu'ils sont cuits à haute température (au-delà de 175 °C), et tout particulièrement lorsqu'ils sont frits. En 2002, l'équipe de Margareta Törnqvist (université de Stockholm) **fait une révélation détonante**.



Cette molécule, classée comme cancérogène probable depuis 1994 par le Centre international de recherche sur le cancer, est présente à des doses non négligeables dans nombre de nos aliments industriels, et même faits maison. Douze ans plus tard, le débat sévit toujours quant à leur impact sur l'apparition de tumeurs.

"Préoccupante"

"Des études épidémiologiques ont montré une augmentation du risque de cancer de l'utérus, de l'ovaire et du sein", indique Janneke Hogervorst, de l'université de Maastricht. Qui, en janvier dernier, a démontré pour la première fois un lien entre une consommation

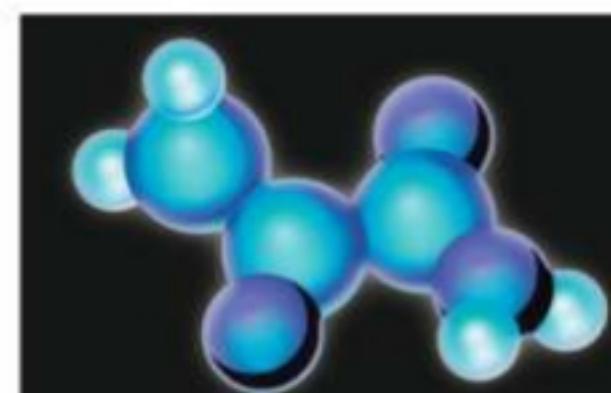
LES ALIMENTS CONCERNÉS :

Dans des aliments, industriels ou non, d'origine végétale frits ou cuits au four : chips, frites, pain, cookies, café...

élevée d'aliments riches en acrylamide et certains types de cancers colorectaux.

"Mais des études épidémiologiques plus anciennes n'ont montré aucune association... Nous sommes probablement à la limite de ce que l'épidémiologie peut montrer. Comme tout le monde consomme des produits contenant de l'acrylamide, on ne dispose pas de témoins négatifs. Et les questionnaires remplis lors de ces études ne suffisent pas à appréhender le niveau d'exposition à cette molécule", explique Franck Fourès, de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation (Anses).

L'Anses s'est donc tournée vers la toxicologie et les études animales. "Lorsqu'une substance est consommée par l'homme à une dose inférieure à 10000 fois la valeur pour laquelle on a démontré un effet chez l'animal, on considère qu'elle est sans risque. Or, l'acrylamide

**C'EST QUOI ?**

Une molécule qui se forme naturellement dans certains aliments riches en glucides et en asparagine au-delà d'une certaine température.

est consommée à des doses qui sont seulement 100 à 1000 fois inférieures", indique Franck Fourès. Pour cette raison, et malgré l'absence de démonstration formelle d'effets cancérogènes chez l'homme, l'Anses a classé l'acrylamide dans la colonne des substances alimentaires "préoccupantes". Avec des conseils simples comme éviter de faire trop doré les pommes de terre ou griller le pain, et réduire la température de friture.

C.H.

OMÉGA-3, ANTIOXYDANTS... DES MOLÉCULES VRAIMENT

Si certains aliments suscitent la méfiance, d'autres, au contraire, ont été érigés en aliments miracles dont l'augmentation de la consommation est censée prévenir tous les maux. Mais il faut se méfier des injonctions trop simplistes. Prenez les oméga-3 par exemple. Dans les années 1970, les scientifiques découvrent que certaines populations, notamment les Inuits du

Groenland et les Japonais, présentent un faible risque cardio-vasculaire. Très vite, le lien est fait avec leur alimentation riche en oméga-3, des acides gras essentiels que l'on trouve, notamment, dans les poissons gras, les noix et le soja. "Alors qu'il est recommandé de consommer 250 mg par jour de DHA, un oméga-3 particulier, les Français en consomment en moyenne

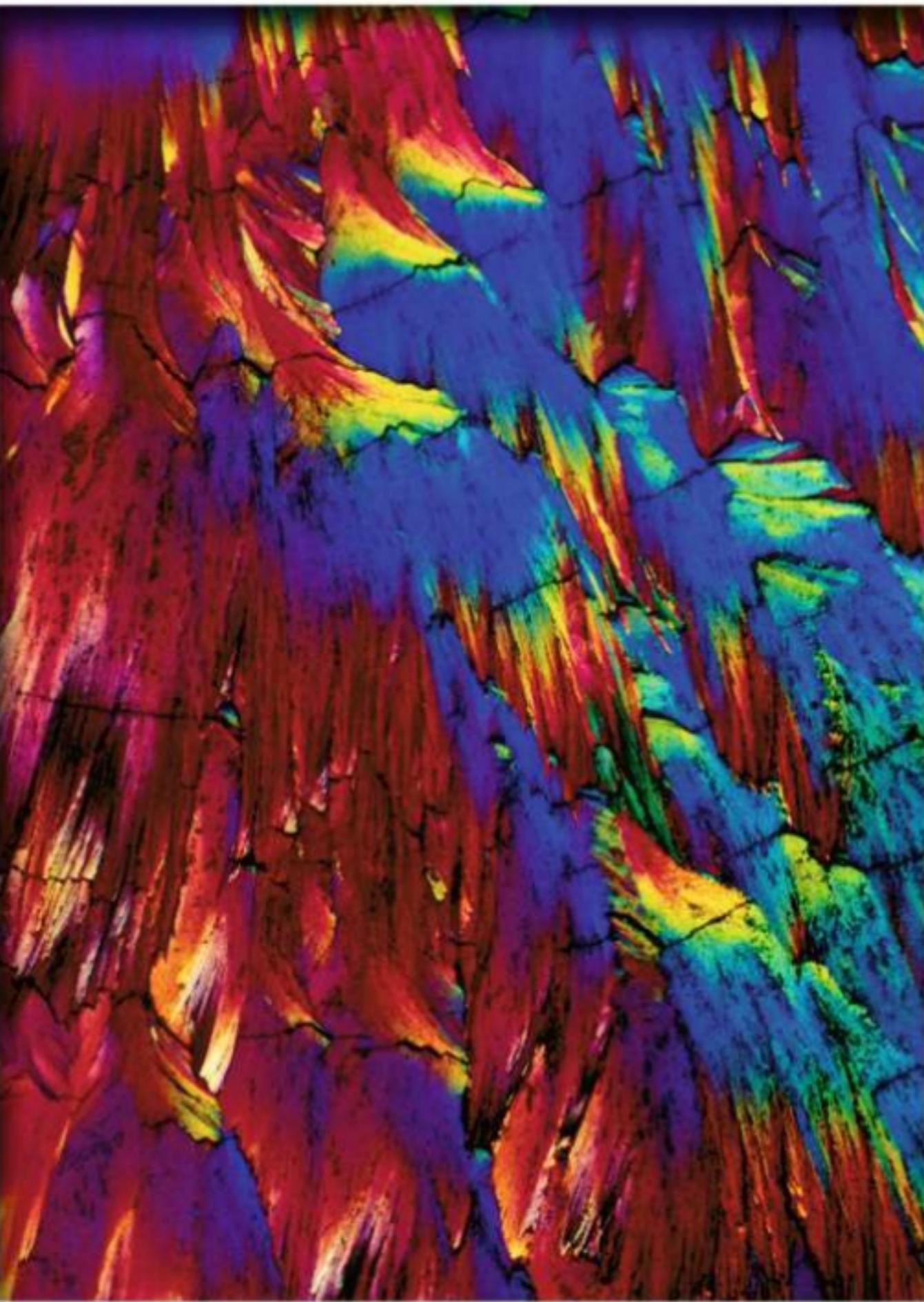
deux fois moins", indique Jean-Michel Chardigny, chercheur à l'Inra.

Manger équilibré

Faut-il pour autant se ruer sur les compléments alimentaires ? Non, car en 2012, une méta-analyse synthétisant les résultats de 20 études menées sur plus de 68000 personnes démontrait l'absence du moindre effet d'une supplémentation en oméga-3

sur les décès et accidents cardio-vasculaires. Des conclusions qui n'étonnent pas vraiment Jean-Michel Chardigny. "Ce qui compte, c'est l'équilibre oméga-3 et oméga-6. S'il faut, certes, augmenter sa consommation d'oméga-3, il faut réduire d'autant sa consommation d'oméga-6. Nous consommons actuellement 15 fois plus d'oméga-6 que 3, alors qu'il faudrait n'en consommer que

pas de certitudes



BIENFAISANTES ?

5 fois plus." Autrement dit, c'est bien un équilibre de l'alimentation qu'il faut rechercher plutôt qu'une supplémentation. Et il en va de même pour les antioxydants.

Contenus en grandes quantités dans les fruits et les légumes, ces molécules ont été parées de vertus anticancéreuses et antivieillissement depuis que, dans les années 1950, elles ont démontré

leur capacité à atténuer les effets des radiations sur les tissus. Mais en 2007, une méta-analyse montrait au contraire que les suppléments en antioxydants ne permettaient pas de diminuer la mortalité. Pis: le bêta-carotène, la vitamine A et la vitamine E l'augmentaient même ! Le mieux est donc de se concentrer sur les fruits et légumes... C.H.

LES OGM

Il n'existe pas de preuve de leur toxicité

Il y a deux raisons pour lesquelles un OGM peut devenir toxique pour l'homme: soit le gène introduit dans la plante lui fait produire une protéine nocive; soit sa manipulation a, en elle-même, perturbé le génome de la plante, jusqu'à modifier sa composition et la rendre impropre à la consommation. Pour se protéger de ces éventualités, deux types de tests sont menés sur les OGM avant leur entrée sur le marché européen. Les premiers comparent "l'équivalence en substance" de la plante OGM avec celle de la même plante "non OGM": leurs compositions moléculaires ne doivent pas différer en dehors de la protéine produite par le gène ajouté. Les seconds observent l'effet de



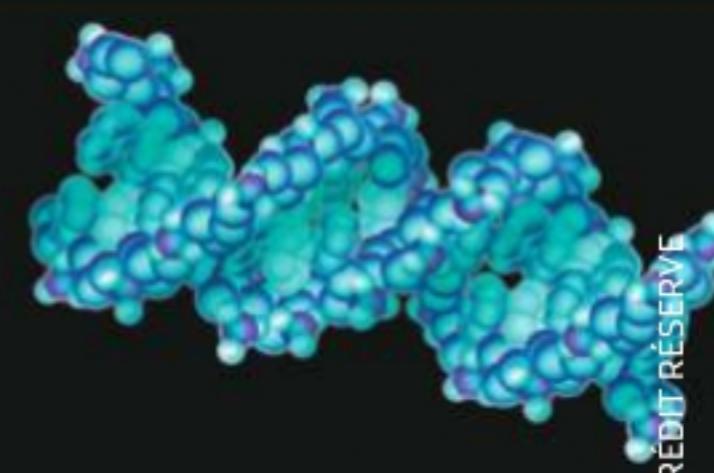
LES ALIMENTS CONCERNÉS:

Les huiles à base de soja importé (E.-U., Brésil...) et les produits importés contenant du maïs ou du soja transgéniques.

l'OGM et de son équivalent non-OGM sur des animaux de laboratoires pendant plusieurs semaines. Si, jusqu'ici, la toxicité d'un OGM mis sur le marché n'a jamais été mise en évidence, ces tests ont pourtant des limites: des différences subtiles peuvent leur échapper et tous les effets potentiels ne sont pas observables en seulement trois mois. Ainsi, l'Anses va financer une étude de deux ans suite aux travaux alarmants publiés en 2012 par Gilles-Eric Séralini, et récusés depuis. C.T.

C'EST QUOI ?

La technique la plus connue pour obtenir des "organismes génétiquement modifiés" est la transgenèse : elle consiste à insérer dans l'ADN d'une plante un ou des gènes étrangers.



CRÉDIT RÉSERVÉ

ALIMENTATION POURQUOI TANT DE NOUVEAUX INTERDITS ?

Si la nourriture a toujours focalisé les interdits, ceux-ci profitent aujourd’hui des failles de la science, sur fond de réseaux sociaux et de scandales alimentaires. Décryptage.

Pourquoi tant d’interdits alimentaires ? (voir p. 52) Pourquoi, alors que les connaissances scientifiques et les sources d’informations se développent comme jamais, existe-t-il aujourd’hui une telle cacophonie autour de ce que l’on mange ? Pourquoi la fabrique du doute semble-t-elle, aujourd’hui plus qu’hier, tourner à plein régime ?

Car le phénomène n’est pas nouveau. *“L’alimentation a toujours été l’objet de croyances, rappelle Jocelyn Raude, sociologue au Centre Edgar-Morin, spécialiste des crises alimentaires. Il y a toujours eu, depuis l’antiquité grecque et dans toutes les civilisations, une mythologie autour des aliments et des préparations culinaires.”* La raison première est anthropologique : l’homme est un animal omnivore. Face

C“DÈS LES ORIGINES, ALIMENTATION, MAGIE ET RELIGION ONT ÉTÉ LIÉES...”

à une diversité d’aliments, il doit faire des choix, apprendre à distinguer ce qui est comestible et ce qui ne l’est pas, ce qui est dangereux ou non. Il est donc méfiant par nature. Il s’agit ici de sa propre survie. On comprend donc pourquoi la plupart des mythes sur l’alimentation sont négatifs. Il s’agit

avant tout d’avertissements, de mises en garde : “Le lait et l’aspartame sont cancérogènes”, “les bonbons rendent les enfants hyperactifs”… Certes, les mythes positifs existent – “le chocolat est euphorisant”, “les épinards rendent plus forts”… – mais “il est bien plus important d’avoir connaissance de quelque chose de dangereux pour la santé”, affirme Jean-Bruno Renard, professeur à l’université Montpellier-III, auteur d’un *Que sais-je sur les Rumeurs et légendes urbaines*.

Mais ce n’est pas tout. A cette lutte originelle pour survivre s’ajoutent des éléments qui ne relèvent pas de la “rationalité”, voire s’y opposent. “Dès l’origine, alimentation, magie et religion ont été liées, écrit Claude Fischler, directeur de recherche au

CNRS, spécialiste de l’alimentation humaine, dans *Manger mode d’emploi?*. Toutes les religions ont quelque chose à dire sur l’alimentation : ce qui est pur, ce qui est impur, ce qui convient à tel ou telle, ce que doit éviter tel ou telle autre, ce qui est prescrit et ce qui est proscrit, ce qui est requis et ce qui est tabou”.

Au rang des interdits dans les religions monothéistes, le cannibalisme est ainsi un tabou fondamental, au même titre que



l’inceste. Tandis que dans les sociétés dites “ primitives”, manger son ennemi revenait à s’approprier sa force et empêcher son esprit de reposer en paix. “On est ce que l’on mange”, disait le philosophe grec Anaxagore.

Aujourd’hui, la genèse de nouveaux interdits alimentaires se fait toujours sous le prisme de croyances ancestrales, passées à la moulinette de la consommation courante. Car dans notre monde moderne, la pensée magique associée à l’alimentation persiste bel et bien dans l’inconscient de chacun comme dans l’inconscient



collectif, comme l'a magistralement démontré une expérience menée en 1986 par Paul Rozin, professeur en psychologie à l'université de Pennsylvanie. L'expérience est restée célèbre : des étudiants américains étaient invités à boire deux verres d'eau additionnée de sucre. Ce sucre provenait de deux bouteilles qu'ils avaient eux-mêmes étiquetées "sucre" ou "cyanure de sodium, poison". En dépit de leur parfaite connaissance du contenu réel des bouteilles, la majorité des sujets étaient réticents à boire le verre provenant de la bou-

teille étiquetée "cyanure". Nul doute que cette même pensée magique est à l'œuvre, lorsqu'au supermarché, hésitant entre deux produits, nous optons pour celui sur lequel est indiqué "sans gluten", "sans additif", "ingrédients naturels"...

UNE AUBAINE POUR LE MARKETING

D'autant que "l'apparition de la nourriture industrielle, d'abord aux Etats-Unis, a été un choc après des centaines d'années de nourriture préparée à la maison", analyse Jean-Bruno Renard. "On voit se répandre, surtout dans les

classes moyennes urbaines, tout un tas de systèmes de croyances assez bien construits autour de l'alimentation", raconte Jocelyn Raude. D'où une anxiété, parfois légitime et renforcée par de nombreuses crises sanitaires : vache folle en 1996, listeria en 1999, grippe aviaire en 2004 ou, plus récemment, le scandale des lasagnes à la viande de cheval... Sans compter que le marketing industriel fait son miel de proposer des produits garantis "light" ou, au contraire, garantis en oméga-3, trouvant là un bon moyen de diversifier son offre et, ce faisant, de substi- →

→ tuer au "bon gustatif" un "bon pour la santé", inventant dès lors un nouveau débouché à l'alimentation.

Autant de raisons pour que les interdits alimentaires perdurent, qu'ils soient justifiés ou non. Mais la véritable nouveauté est ailleurs. Car aujourd'hui, les mythes se nourrissent de la matière censée pourtant établir s'ils en sont ou si la menace est réelle : la science. En s'appuyant sur le discours scientifique, en reprenant son vocabulaire mais en le détournant, les mythes ont trouvé un moyen inédit de brouiller les pistes, de confondre vérité et affabulation et, du coup, d'avoir la vie encore plus dure !

LE FAMEUX "TRACT DE VILLEJUIF"

L'histoire du "tract de Villejuif" est à ce titre symptomatique d'une méfiance aussi indue que récurrente. Pour la petite histoire, *Science & Vie* y contribua, à son corps défendant. Car ce tract distribué dans la rue et particulièrement devant les écoles au cours des années 1980, alerte alors la population sur le caractère cancérigène d'un certain nombre d'additifs alimentaires, en se réclamant d'un article publié dans nos colonnes en 1975. Après l'adoption par l'ancienne CEE d'une nomenclature unifiée sur les additifs, avec les mentions "E 450", "E 290", etc., notre journal avait présenté la liste complète

LE RÔLE D'AMPLIFICATION DU NET

Sur le Web, d'innombrables forums relaient la moindre étude qui, sans être pourtant concluante, pointe une suspicion concernant tel ou tel aliment. Suspicion qui a tôt fait d'amplifier les doutes, voire de les transformer en certitudes.

titut Gustave-Roussy de Villejuif – une nouvelle mise au point officielle est consultable sur le site internet de l'établissement –, ce tract circule encore. "Il est difficile de lutter contre les rumeurs, car si l'histoire est fausse, la peur est bien réelle", pense Jean-Bruno Renard.

Face à un tel retournement de la raison contre elle-même, comment s'en sortir ? En convoquant, paradoxalement, plus que jamais, la science !

Car elle seule a les moyens de démêler le vrai du faux, la peur imaginaire de la menace réelle.

A condition qu'elle y parvienne ! Ce qui est plus facile à dire qu'à faire... A preuve : en 2013, l'oncologue Jonathan Schoenfeld et l'épidémiologiste John Ioannidis se sont attaqués à une question toute simple : "Est-ce que tout ce que nous mangeons est associé à un risque de cancer ?" Pour le savoir, ils ont passé en revue toute la littérature scientifique concernant 50 aliments, tirés au hasard d'un livre de recette : vin, tomates, thé, sucre, etc. Verdict :

80 % des ingrédients avaient bien fait l'objet de recherches sur leur lien avec un ou plusieurs cancers. CQFD ? Pas du tout ! Car en détaillant les conclusions des dix études les plus récentes consacrées à chacun de ces ingrédients, les deux chercheurs ont une désagréable surprise : l'étude d'un même aliment débouche bien souvent sur des conclusions contradictoires, les unes suggérant une augmentation, les autres une diminution du risque (voir p. 69). C'est le cas du lait par exemple, dont la consommation est associée à des effets bénéfiques dans six études et néfastes dans trois. C'est aussi le cas de la viande de bœuf, liée à un risque accru de cancer dans sept études, à un effet protecteur dans une. Idem pour les œufs, le café, l'oignon...

UNE VRAIE BOÎTE DE PANDORE

Qu'elles montrent des effets bénéfiques ou nocifs, toutes ces études ont un point commun : elles ont été rédigées par des chercheurs, selon une méthodologie rigoureuse, publiées dans des revues internationales à comité de lecture. Elles sont donc toutes crédibles

LE "BIAIS DE CONFIRMATION" LE DIT : ON TROUVE TOUJOURS DES ARGUMENTS À NOS CROYANCES

de ces produits en les classant, selon l'état de la littérature scientifique, du plus toxique au parfaitement inoffensif. Or, le tract – prétendument publié par "Hôpital de Villejuif" – est truffé d'informations tronquées ou erronées par rapport à notre article : le "E 330" notamment, est signalé comme "très cancérigène", alors que cette appellation cache l'acide citrique, parfaitement inoffensif. Quarante ans plus tard, et malgré les dénégations de l'In-

sur le plan scientifique. Qu'elles aboutissent à des conclusions contraires ne doit pas surprendre : c'est pas à pas que la science avance, interrogeant sans cesse, mettant ici en lumière un phénomène, là un autre, jusqu'à ce qu'un consensus finisse par se dégager, qui aura valeur de vérité scientifique. Mais en attendant, n'importe qui peut récupérer tel ou tel résultat et lui donner une importance qu'il n'a pas afin d'alimenter les croyances les plus diverses. "Prenons l'exemple de l'oignon, illustre Denis Corpet, chercheur à l'unité Toxicologie alimentaire de l'Inra de Toulouse. Sa consommation est associée à une protection contre le cancer dans huit études sur neuf. Il a donc très probablement des propriétés protectrices. Mais une étude, tout aussi scientifique, montre une augmentation du risque". Et de conclure : "Quand on prend un article isolé, on peut lui faire dire l'inverse de ce que montre l'ensemble de la littérature".

Bien malgré eux, les données produites par les chercheurs nourrissent

JEAN-BRUNO RENARD

PROFESSEUR DE SOCIOLOGIE,
UNIVERSITÉ MONTPELLIER-III

Il est difficile de lutter contre les rumeurs, car si l'histoire est fausse, la peur est bien réelle



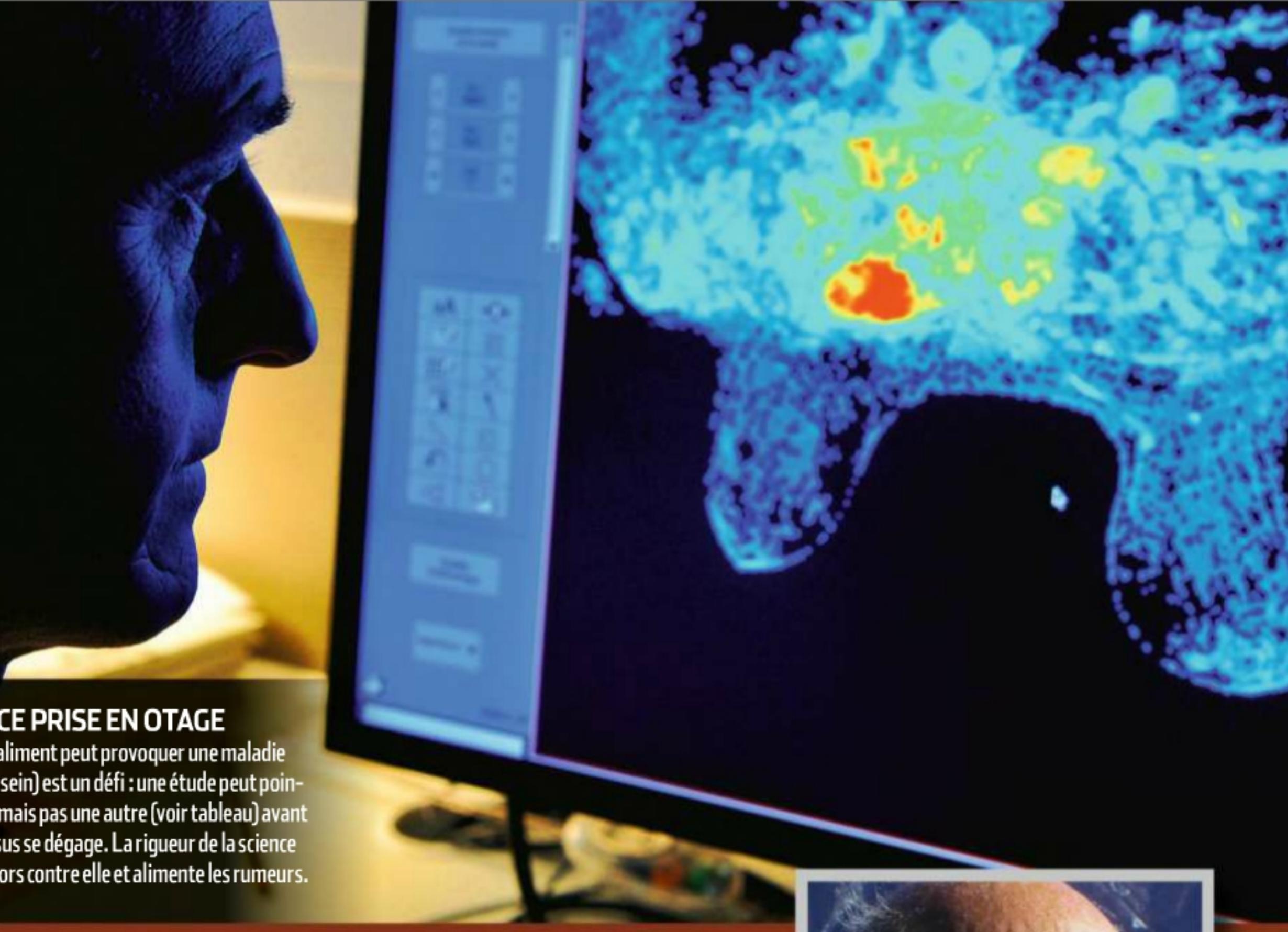
vera sans mal les arguments allant dans le sens de sa pensée, pour la simple raison qu'il les cherche ! En sociologie, ce phénomène a un nom : le biais de confirmation. Un biais considérable amplifié par l'accès illimité à l'information scientifique fourni par la Toile, où n'importe quelle croyance, fut-elle erronée, peut être diffusée très largement. "Plus le nombre d'informations non sélectionnées sera important dans un espace social, plus la crédulité se propagera", énonce le sociologue Gérald Bronner dans son dernier livre, *La démocratie des crédules*.

Dans un scénario infernal, la peur s'empare de la science, la tronque, la détourne... et s'en repaît au point de la dévorer ! Mais pourquoi le scé- →

DÉTOURNEMENT D'INFOS

Le "tract de Villejuif" est l'histoire d'un détournement : pour alerter sur le caractère cancérogène des additifs alimentaires, ce tract distribué dans les années 1980 se réclamait d'un article de S&V. Or, les informations reprises étaient tronquées ou erronées...





LA SCIENCE PRISE EN OTAGE

Etablir qu'un aliment peut provoquer une maladie (ici, cancer du sein) est un défi : une étude peut pointer un risque, mais pas une autre (voir tableau) avant qu'un consensus se dégage. La rigueur de la science se retourne alors contre elle et alimente les rumeurs.

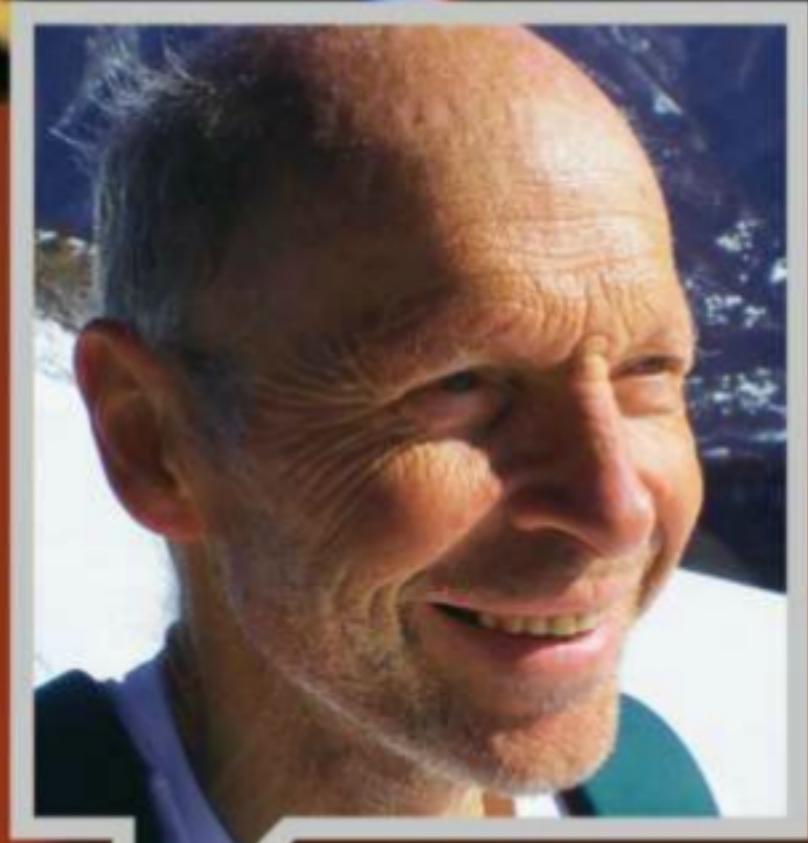
→ nario s'applique-t-il autant dans le domaine de la nutrition ? Pour la bonne raison que c'est justement dans le domaine de la nutrition que les études épidémiologiques sur les liens avec la santé sont à la fois les plus médiatisées et... les moins conclusives ! Pour bien comprendre, il faut entrer plus avant dans la façon dont ces travaux sont menés. Ces études épidémiologiques se penchent sur les modes de

explorer les liens entre alimentation et état de santé d'une personne est beaucoup plus difficile que d'étudier l'association entre tabac et cancer, par exemple. Car s'il est facile d'évaluer la consommation de tabac d'un individu, il est très difficile d'avoir une représentation fiable de l'alimentation d'une personne. Evidemment, les études épidémiologiques n'ont pas toutes le même protocole. Mais toutes ont des faiblesses constitutives lorsqu'il s'agit de se mesurer à la nutrition (voir encadré page ci-contre).

Au final, seules des méta-analyses combinant les résultats d'un grand nombre d'études individuelles permettent de dégager une tendance. Dans le cas du cancer, ce travail, titanique, a été réalisé par le WCRF (Fonds mondial de recherche contre le cancer) en 2007 dans son rapport. Une référence, qui repose sur "une revue systématique et indépendante de la littérature", régulièrement mise à jour.

LORSQUE LES NUTRITIONNISTES JOUENT LES PRÉDICATEURS, LA CONFUSION EST À SON COMBLE

vie de populations pour produire des résultats transposables à notre assiette. Mais cette approche génère un niveau de preuve d'autant plus faible que les biais sont nombreux. Et le premier d'entre eux est inhérent à la complexité de la nutrition. Les aliments que nous consommons contiennent en effet une multitude de composés qui interagissent potentiellement les uns avec les autres. En conséquence,



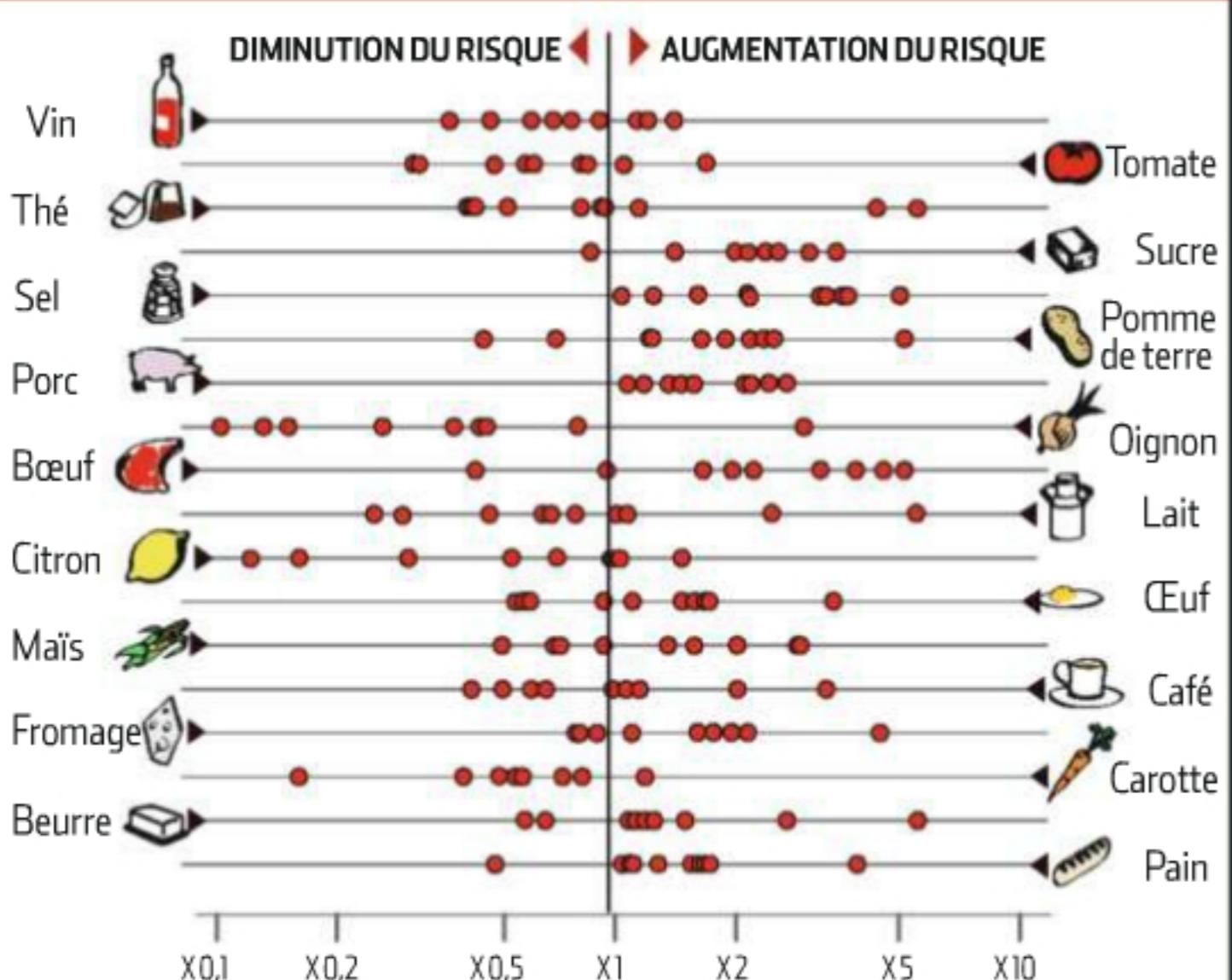
DENIS CORPET

INRA DE TOULOUSE (UNITÉ TOXICOLOGIE ALIMENTAIRE)

Si on prend un article isolé, on peut lui faire dire l'inverse de ce que montre toute la littérature

9

Nos aliments sont-ils associés à un risque de cancer ?



Deux chercheurs américains ont analysé en 2013 des études portant sur le risque cancérogène d'aliments : leurs résultats sont souvent contradictoires. Logique, ces études n'étudient pas la même chose ; chacune apporte sa pierre qui, à terme, permettra de conclure. (Chaque point rouge correspond à une étude.)

Dans ce cas, ce ne sont pas des dizaines mais des centaines, voire des milliers de travaux scientifiques que le WCRF passe en revue avant d'émettre des recommandations. Mais encore faut-il que ces méta-analyses permettant aux consommateurs de se faire un avis objectif sur les risques et les bienfaits de ce qu'il mange ne soient pas noyées dans le flot cacophonique de la Toile... ou des sorties médiatiques.

ET LES MYTHES VONT CONTINUER...

Et quand les scientifiques eux-mêmes – médecins, nutritionnistes – jouent les prédateurs, par intérêt ou par conviction, la confusion est à son comble. Comme si, concernant l'alimentation, la blouse blanche succédait parfois à la soutane ou autres habits religieux pour prêcher un credo plus que la vérité. Il suffit de se rappeler du best-seller *L'Alimentation ou la troisième médecine*, récemment réédité, du chirurgien Jean Seignalet, adepte du "sans gluten", ou plus récemment du *Vrai Régime anticancer* (mai 2010) de l'oncologue David Khayat.

Deux exemples parmi tant d'autres, qui font flores dans les rayons "bien-être" des librairies. Cultivant l'art du paradoxe, David Khayat, chef de service de cancérologie à l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière, répondait d'ailleurs sans embarras : "En aucune manière je ne pense qu'il existe de régime spécifique aujourd'hui, qui plus est de régime universel valable pour tous, qui préviendrait le cancer". Un aveu qui a force d'honnêteté. Car selon Serge Hercberg, directeur de l'unité de recherche Inserm d'épidémiologie nutritionnelle, les différents sites Internet et ouvrages qui vantent les mérites de leurs régimes "ne traduisent que la conviction de ceux qui les écrivent".

Peurs ataviques, biais cognitifs, cacophonie des informations et complexité scientifique... le contexte moderne est finalement particulièrement propice à tous les particularismes alimentaires et aux régimes "sans". L'une des dernières modes pousse à l'extrême l'exclusion des aliments puisqu'il s'agit du jeûne : les interdits alimentaires n'ont pas fini de venir hanter nos assiettes. ■ M.-C.M

LES ALÉAS DE L'ÉPIDÉMIOLOGIE

En matière d'épidémiologie alimentaire, il existe trois protocoles, chacun ayant des faiblesses propres.

■ Les études "cas-témoins" comparent les régimes alimentaires adoptés pendant des décennies par des individus aujourd'hui en bonne santé et d'autres souffrant d'une maladie. Mais les limites de la mémoire sont ici une faille constitutive.

■ Les études de "cohorte" sont plus solides : elles recrutent un grand nombre de sujets en bonne santé dont le régime alimentaire est suivi pendant de longues années. Problème : pour analyser l'effet d'un aliment sur l'apparition d'une maladie, encore faut-il éliminer tous les autres facteurs susceptibles d'expliquer l'effet observé... On a longtemps cru que le café donnait le cancer du pancréas, avant de s'apercevoir que les sujets étudiés fumaient une cigarette avec leur café ! Désormais, tabac, alcool, etc., sont systématiquement contrôlés.

■ Les "essais d'intervention", où l'on impose sur le long terme à un groupe de volontaires un comportement alimentaire précis, sont le meilleur moyen de démontrer qu'un aliment augmente ou diminue les risques de développer une maladie. Mais leur coût est important et il est très difficile de réaliser des essais avec des aliments : en demandant à un groupe de consommer quotidiennement trois tasses de thé vert, on risque l'effet placebo, si les gens sont convaincus que le thé vert est bénéfique pour leur santé. L'essai d'intervention fournit donc le degré de preuve ultime en épidémiologie, et il reste rare.

Embarquez pour

LA CROISIÈRE CAP NORD DE SCIENCE & VIE

du 31 mai au 11 juin 2014

Laissez-vous envoûter par les fjords de Norvège, la beauté des îles Lofoten et le soleil de minuit sur le Cap Nord !

LE PROGRAMME DE VOTRE CROISIÈRE CAP NORD DE SCIENCE & VIE

- ✓ Des conférences passionnantes avec les témoignages de Jean Jouzel* (prestigieux climatologue), Michel Chevalet*, (journaliste scientifique), André Brahic*, (astronome et astrophysicien).
- ✓ Plongée au cœur de l'histoire des publications de Science & Vie par le Directeur d'Édition Vincent Cousin.

Tout au long de la croisière, nous vous initierons à la découverte des fondamentaux de la navigation via des ateliers pratiques et des points d'observations sur les ponts du bateau.



UNE CROISIÈRE D'EXCEPTION

- ✓ **Avec :**
 - Le vol Paris/Hambourg A/R⁽¹⁾
 - La pension complète à bord
 - Les boissons aux repas
 - Deux cocktails Science & Vie
 - Le forfait de séjour à bord
- ✓ Le programme de **conférences exclusives** de la croisière Science & Vie
- ✓ Des accompagnateurs dédiés à la croisière Science & Vie
- ✓ La gratuité pour les enfants de - 18 ans s'ils partagent la cabine de 2 adultes en cabine triple ou quadruple, hors taxes portuaires, vols, transferts et forfaits de séjours à bord

À BORD DU COSTA MEDITERRANEA

BERGEN - FJORDS - ILES LOFOTEN - TROMSO - CAP NORD

ÉVÉNEMENT
SPÉCIAL LECTEURS

12 jours / 11 nuits

à partir de

1995€

SEULEMENT

EN PENSION COMPLÈTE

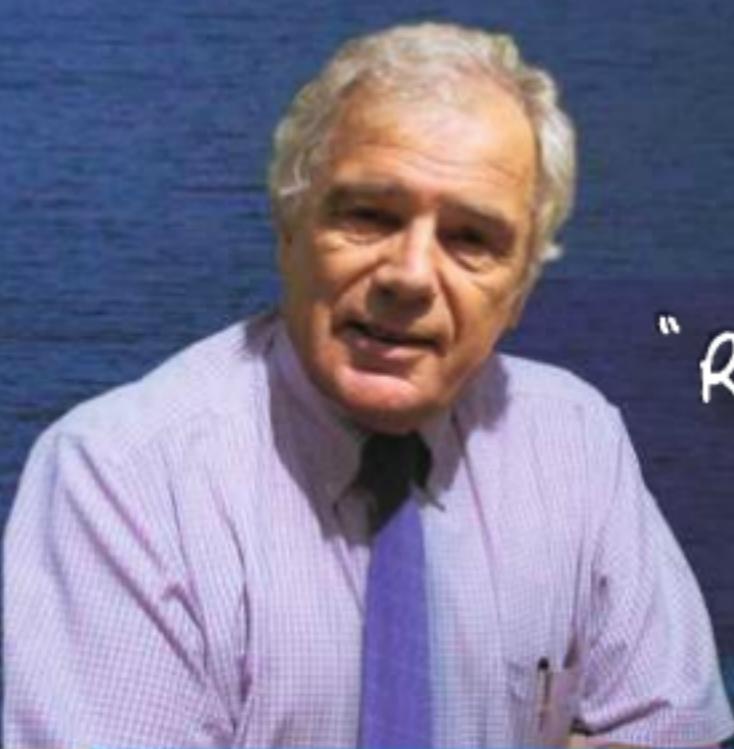
Vol France/Hambourg inclus
Prix par pers. en cabine double cat. IC.

PLACES LIMITÉES

Croisière gratuite
pour les enfants de -18 ans⁽¹⁾
en cabine triple ou quadruple avec les parents
hors taxes portuaires, voile, transferts
et forfait de séjour à bord

*"Rejoignez-moi pour cette nouvelle
croisière exceptionnelle."*

En présence de Michel Chevalet,
maître de cérémonie*



RENSEIGNEMENTS & RESERVATION AU :

0 811 020 033

Du lundi au samedi de 9h30 à 17h30 - (0,09€ TTC/min depuis un poste fixe en métropole)

En précisant le code
avantage :
«SCIENCE ET VIE»

OU SUR LE SITE INTERNET : <http://capnord.scienceetvievoyages.com/croisiere>

Pour recevoir GRATUITEMENT et sans engagement la documentation, complétez, découpez et envoyez ce coupon à :
SCIENCE & VIE VOYAGES - CROISIÈRE CAP NORD - CS 50273 - 27092 EVREUX CEDEX 9

OUI, JE SOUHAITE RECEVOIR GRATUITEMENT ET SANS ENGAGEMENT LA DOCUMENTATION COMPLÈTE
de la croisière CAP NORD proposée par Science & Vie Croisière.

Mme Mlle M

Nom :

Prénom :

Adresse :

Code postal : Ville :

Date de naissance / /

Tél. : Email : @

Oui je souhaite bénéficier des offres de Science et Vie et de ses partenaires.

Avez-vous déjà effectué une croisière (maritime ou fluviale) OUI NON

Code avantage :
SCIENCE ET VIE
C14SV1D

SCIENCE & VIE
CROISIÈRES

Conformément à la loi "Informatique et Liberté" du 6 janvier 1978, nous vous informons que les renseignements ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande et que vous disposez d'un droit d'accès, de modification, de rectification des données vous concernant.

Costa
CROISIÈRES

ADN

IL TRANSMET AUSSI NOS SOUVENIRS !

C'est une découverte incroyable : des souris soumises à une expérience désagréable ont transmis, via leur ADN, la mémoire de cet événement à leur progéniture. Un héritage "épigénétique" qui réinterroge la notion de l'inné...

PAR ELSA ABDOUN

Pour ceux qui reprochent aux jeunes gens de faire peu de cas des leçons de leurs aînés et qui s'offusquent que la mémoire des événements passés se dissolve dans l'agitation du présent, la nouvelle devrait singulièrement apaiser leurs craintes: le souvenir de ce qu'ont vécu nos ancêtres, loin d'être perdu, se trouve tapi au plus profond de nous. Mieux, c'est dès la naissance que chacun profiterait en droite ligne de l'expérience de ses aïeux. Cela sans en avoir toutefois conscience. Par exemple, vous avez peur des chiens? Eh bien, il se pourrait que votre grand-père se soit douloureusement fait mordre dans sa jeunesse. Vous aimez particulièrement manger gras?

S. NAGY/CORBIS

C'est peut-être parce que votre arrière-grand-mère connut les affres de la faim pendant la guerre, quand bien même elle n'osa jamais en parler.

Difficile à admettre tant voilà qui semble déposséder chacun de sa propre expérience et, plus globalement, rebat les cartes de l'inné et de l'acquis? Une chose est sûre: les chercheurs Kerry Ressler et Brian Dias, de l'université Emory d'Atlanta (Etats-Unis), ont fait une extraordinaire découverte en observant, pour la première fois, la transmission d'un souvenir *via...* l'ADN! En l'occurrence, le souvenir était

celui de souris qui associaient une odeur à une expérience désagréable; l'étude démontre que la mémoire de cette expérience fut transmise aux générations suivantes par cette seule voie biologique.

JUSQU'À LA 3^e GÉNÉRATION

Concrètement, les chercheurs ont d'abord appris à des souris mâles à avoir peur de l'odeur spécifique d'une molécule chimique, appelée acétophénone. Ils ont associé plusieurs fois de suite cette odeur à un choc électrique. Dans les dix jours qui ont suivi, ces mâles se sont reproduits avec des femelles qui n'avaient, elles, jamais été exposées à cette odeur. Résultat: la descendance, élevée par les femelles, a →



→ instinctivement sursauté lors de sa première exposition à l'acétophénone (voir infographie). Beaucoup plus que les descendants de souris qui n'avaient pas appris à la craindre, ou même qui avaient appris à craindre une autre odeur. Un comportement qui pouvait aussi être transmis par les mères, ou en utilisant une autre odeur... Et qui persistait à la 3^e génération ! Dès lors, la conclusion s'imposait : des souris avaient, à leur naissance, hérité d'une forme de souvenir appartenant à leurs parents, indépendamment de tout apprentissage. Elles savaient ce que leurs parents avaient, eux, dû apprendre par eux-mêmes.

LE SECRET ? L'ÉPIGÉNÉTIQUE

Magie ? Télépathie ? Non : le secret de cette incroyable transmission mémorielle s'appelle l'épigénétique. Soit l'ensemble des processus biologiques qui modifient l'ADN au cours de la vie. Là où la séquence des gènes ne change qu'au gré de mutations rares et aléatoires, les modifications épigénétiques sont régulièrement provoquées par les expériences que nous vivons et changent la façon dont s'exprime l'information contenue dans les gènes. Par exemple, la pratique d'un sport entraîne des modifica-

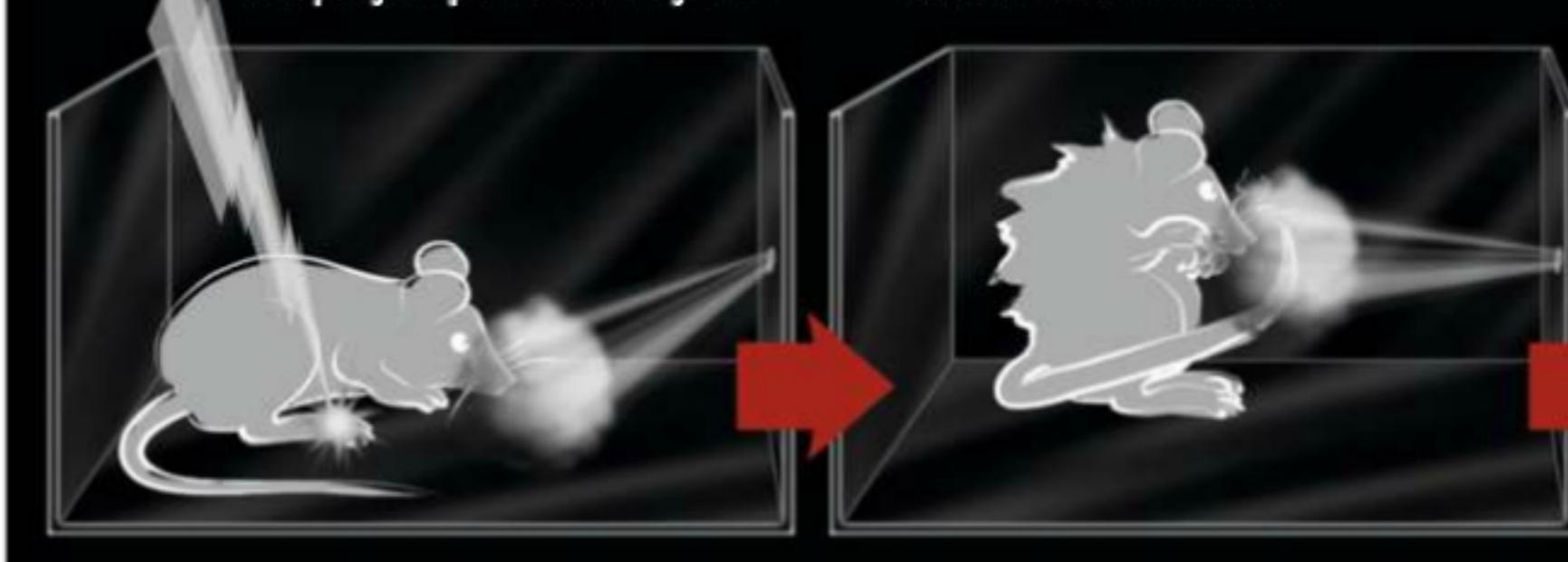
L'expérience qui prouve qu'un souvenir

Une souris mâle a été conditionnée...

Douze souris mâles adultes ont été soumises à de légers chocs électriques juste après avoir été exposées à une molécule odorante spécifique : l'acétophénone, cinq fois par jour pendant trois jours.

... pour avoir peur d'une odeur particulière

Ces souris avaient alors développé une peur de cette odeur, qu'elles avaient appris à associer aux chocs électriques : quand elles y étaient exposées, les souris sursautaient.



tions de l'ADN qui changent la manière dont s'exprime un des gènes essentiels au métabolisme du glucose.

Or, les biologistes ont récemment montré que ces modifications peuvent, à l'instar des mutations affectant les gènes, être transmises d'une génération à l'autre. Mais jusqu'alors, cette hérédité épigénétique avait tout l'air d'un accident de parcours : de nombreuses études montrent que le stress des parents peut augmenter le risque de dépression chez les enfants, ou qu'une alimentation déséquilibrée favorise le diabète chez la descendance. En clair : les aléas de la vie altèrent l'ADN, et ces changements passent à la des-

cendance de manière fortuite et, le plus souvent, néfaste.

Avec la découverte des chercheurs de l'université Emory, on observe tout autre chose : ce qui est transmis, c'est une information précise qu'il est avantageux pour la descendance d'avoir en sa possession. De fait, si les parents ont appris qu'ils avaient des raisons de craindre une odeur, leurs enfants feraient *a priori* mieux de s'en méfier aussi !

Et voilà que l'hérédité épigénétique, d'indésirable, devient un extraordinaire allié. Un moyen inventé par l'évolution pour que les parents transmettent aux enfants les leçons de leurs expériences.

“Pourquoi attendre qu'ils l'apprennent à leurs dépens, si on peut leur transmettre l'information biologiquement ?”, interroge ainsi Lawrence Harper, spécialiste de l'hérédité des comportements à l'université de Californie-Davis.

La nature aurait-elle inventé, avec la transmission des expériences par l'ADN, un puissant accélérateur d'évolution ? Le fait est que cette dernière telle que les biologistes la connaissent

EVA JABLONKA

SPÉIALISTE DE L'HÉRÉDITÉ ÉPIGÉNÉTIQUE
(INSTITUT COHN, TEL AVIV)

L'épigénétique ne cesse de révéler des phénomènes que l'on ne comprend pas encore. Il est temps que la communauté scientifique s'en empare



se transmet biologiquement d'une génération à l'autre

Le mâle se reproduit avec une souris non conditionnée

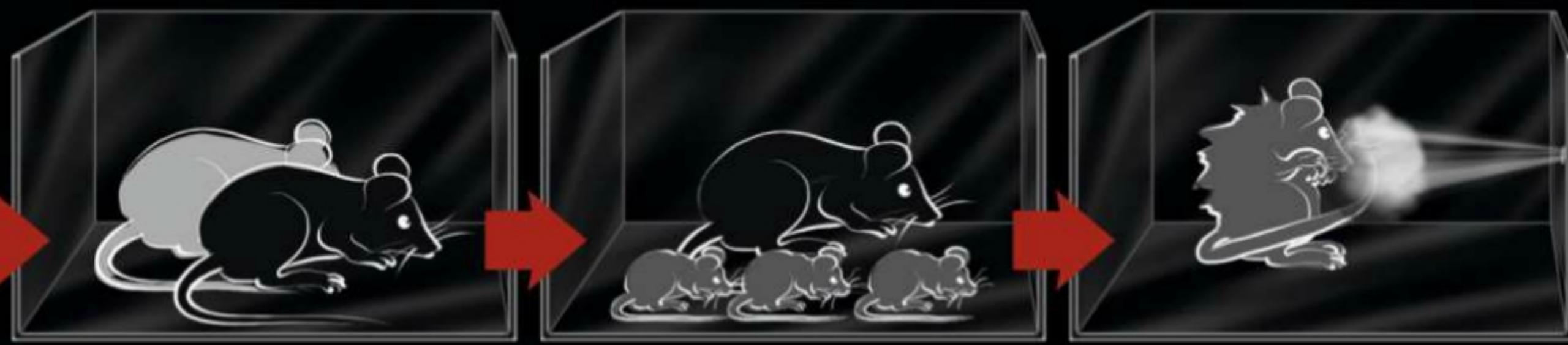
Dix jours plus tard, tous les mâles ont copulé avec des femelles qui n'avaient, elles, jamais été exposées à l'odeur d'acétophénone. Puis ils ont rapidement été séparés, pour éviter les échanges d'"informations" entre mâles et femelles.

Leurs petits sont élevés sans le père, et sans conditionnement...

Chez la souris, c'est principalement la femelle qui élève les petits, ce qui a permis d'éviter les échanges d'informations entre les mâles et leurs petits, qui n'ont de plus jamais été exposés à l'acétophénone durant leur développement.

... et pourtant, ils développent la même peur que leur géniteur

Une fois adultes, les descendants ont été exposés à l'acétophénone : par rapport à la progéniture de mâles non conditionnés, ils montraient une plus grande tendance à sursauter. Un effet qui persistait à la génération suivante !



fonctionne lentement : finissent par proliférer les êtres qui, au hasard des mutations de leurs gènes, disposent des meilleures chances de survivre et de se reproduire. Les autres disparaissent. Le processus est remarquablement efficace, mais ne donne sa pleine mesure qu'après de nombreuses générations. La transmission épigénétique des souvenirs permet, elle, une adaptation beaucoup plus rapide des populations : si une génération d'individus est massivement confrontée à un danger nouveau, dès la génération suivante, une grande partie des descendants pourrait développer un caractère les protégeant de ce danger.

Reste cependant à valider l'existence d'un tel mécanisme, qui ébranle les connaissances actuelles. Jusqu'ici, personne n'avait mis au jour, chez un mammifère, la transmission épigénétique d'un comportement appris. "C'est l'exemple de transmission épigénétique le plus complexe que je connaisse", commente Eva Jablonka, spécialiste de l'hérédité épigénétique à l'Institut Cohn (Tel Aviv). Mais rien ne me paraît plus in-

croyable. Avec l'épigénétique, on découvre toujours plus de phénomènes étranges, que l'on ne comprend pas encore. Il est temps que la communauté scientifique s'en empare."

Avant d'intégrer cette prouesse à la liste des merveilles dont est capable l'épigénétique, il faudra, insistent les chercheurs les plus sceptiques, reproduire l'expérience et découvrir quels mécanismes biologiques peuvent l'expliquer. Par quelles voies un message aussi complexe que la peur d'une odeur peut-il passer d'une génération à la suivante ? Par le biais d'hormones ? Ou via des molécules de régula-

ment de telles modifications épigénétiques se maintiennent-elles sur des générations ? On pensait jusqu'à présent que la plupart des marques épigénétiques étaient effacées après la fécondation...

En attendant, les faits sont là : le vécu des pères (du moins chez les souris) modifie le comportement des générations suivantes. Dans l'intimité des cellules nichent des souvenirs... hérités des parents. Ce qui ouvre des questions que vont devoir affronter non seulement les biologistes, mais aussi les philosophes... Car il faudra expliquer ce que peut bien signi-

IL L'A DIT

"Tout ce que la nature a fait acquérir ou perdre aux individus [...], elle le conserve pour la génération de nouveaux individus", postulait il y a deux siècles le zoologiste Jean-Baptiste Lamarck. Cette idée d'hérédité des caractères acquis, exclue de la théorie de l'évolution inspirée par Darwin, revient en force depuis la découverte des phénomènes de transmission épigénétique.

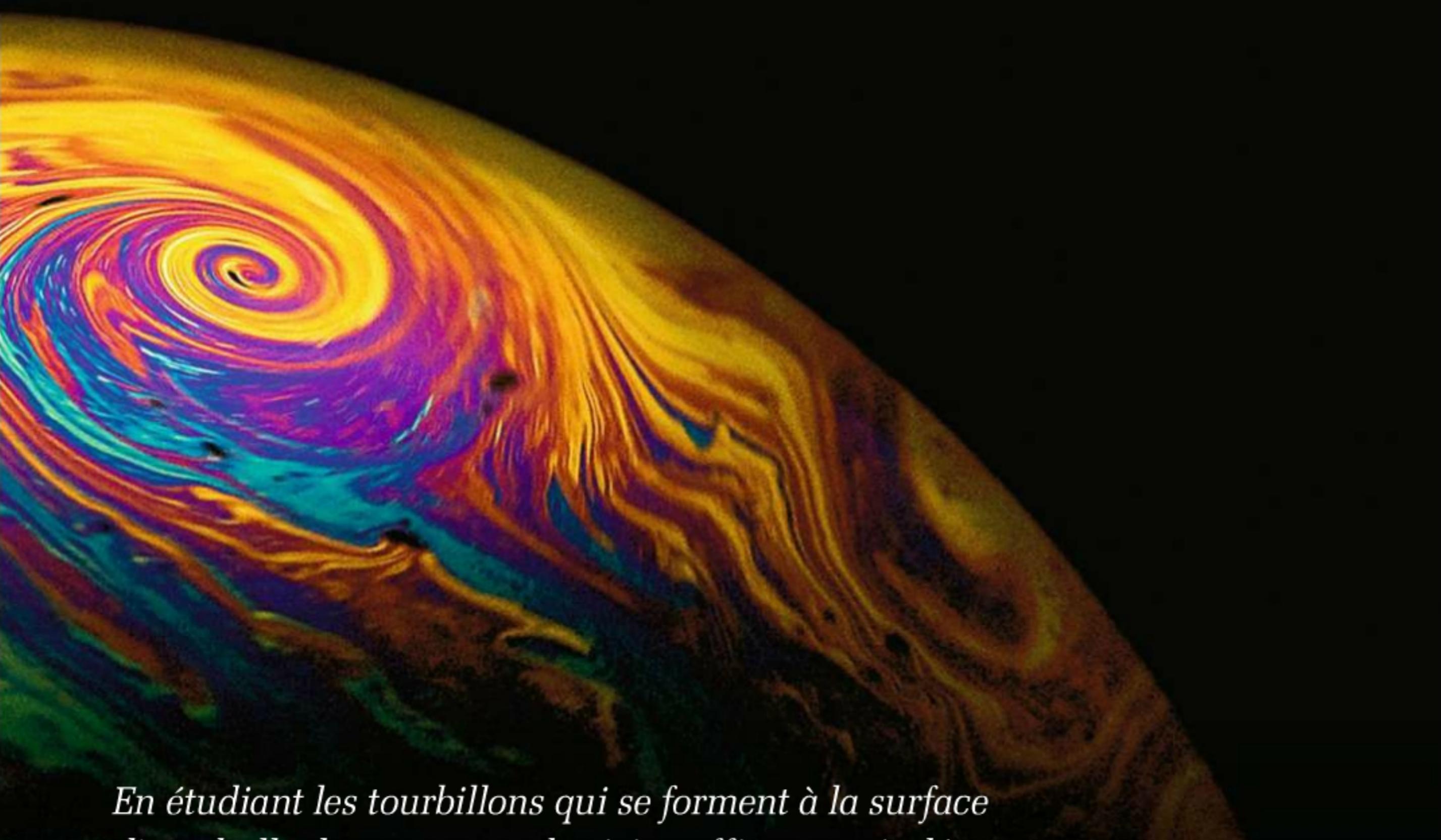
L'IDÉE QUE NOUS POURRIONS HÉRITER DE SOUVENIRS APPARTENANT À NOS PARENTS EST... VERTIGINEUSE

tion épigénétiques impliquées dans la mémoire, et qui seraient capables de passer du cerveau dans le sang, et modifieraient directement les cellules sexuelles ? Et, une fois arrivé jusqu'aux ovules et spermatozoïdes, comment ce message serait-il codé dans l'ADN, en dehors des gènes ? Enfin, com-

fier de faire ses premiers apprentissages avant même d'avoir été conçu. Comment il est possible d'engranger ses premiers souvenirs, alors que n'a pas même eu lieu la rencontre décisive entre un ovule et un spermatozoïde... Autant de questions qui donnent le vertige.



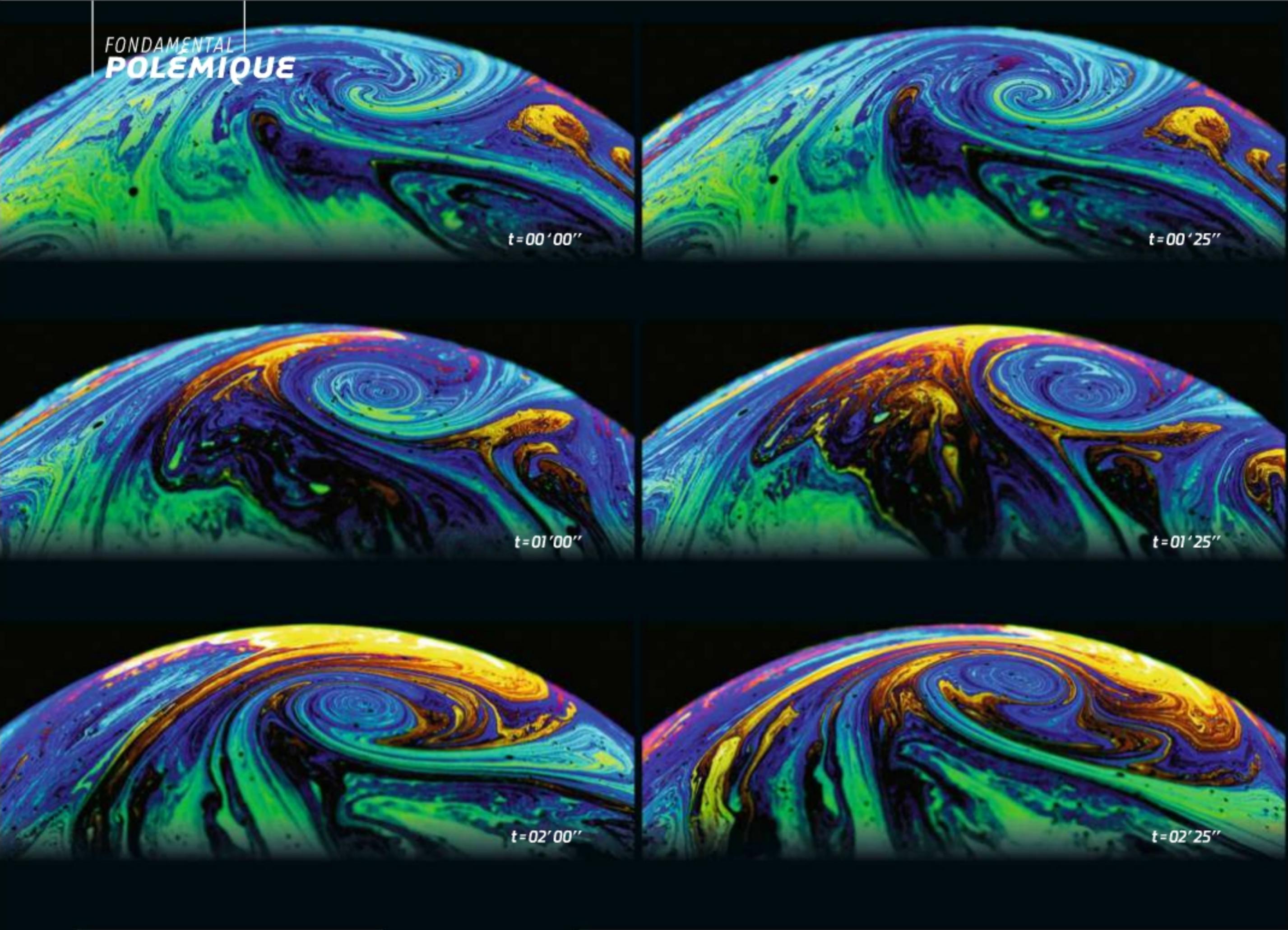
BULLES *de* SAVON



En étudiant les tourbillons qui se forment à la surface d'une bulle de savon, un physicien affirme avoir découvert une loi toute simple qui permet d'anticiper leur formation... mais aussi celle des cyclones! Comparaison ne fait pas raison se sont aussitôt récriés les météorologues. A voir...

Et si elles permettaient de prédire les cyclones...

PAR MATHILDE FONTEZ



Ce qu'en pensent les météorologues ? Je n'en sais rien... ", répond Hamid Kellay. Le physicien, spécialiste en mécanique des fluides à l'université de Bordeaux, vient de lâcher un pavé dans la mare sous la forme d'une loi universelle qui pourrait régir l'évolution des cyclones. Joli cadeau pour la météo, science qui, tout empêtrée qu'elle est dans des monceaux de phénomènes et de données, peine à prédire la trajectoire et la force des monstres atmosphériques, alors que ceux-ci n'en finissent plus de faire des ravages – en 2012, le cyclone Sandy a fait près de 200 morts aux Etats-Unis et à Haïti; en 2013, le typhon Haiyan a tué plusieurs milliers de personnes aux Philippines. Et voici

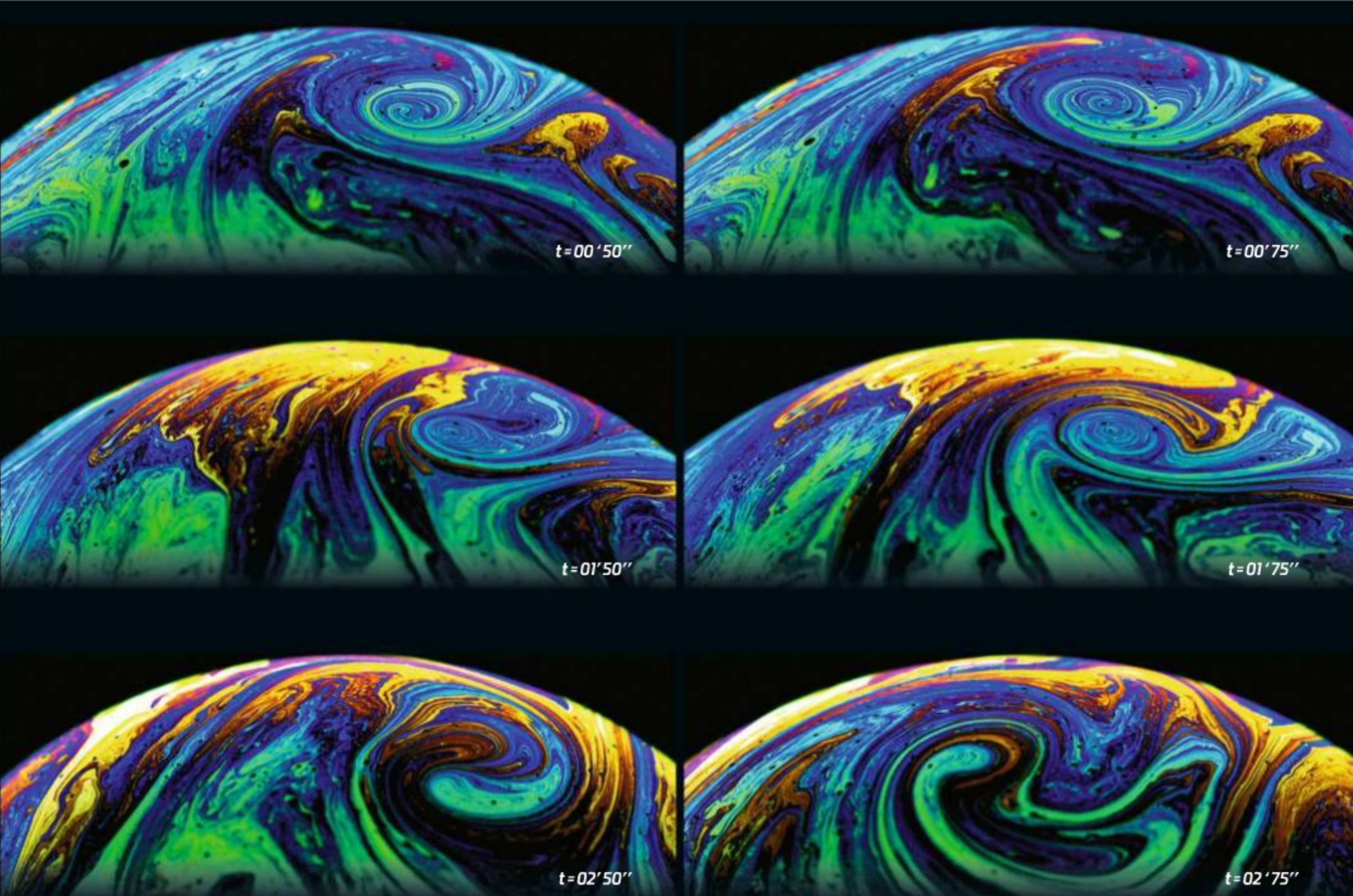
FAITS & CHIFFRES

Chaque année, une **cinquantaine** de cyclones se forment au-dessus des eaux chaudes des régions tropicales, provoquant des rafales qui peuvent dépasser les **300 km/h**. Incroyablement précis à courte échéance, les modèles météorologiques peinent à prévoir leur trajectoire : ils se trompent en moyenne de **150 km à 24 h** et de **400 km à 72 h**.

qu'un chercheur vient, au travers d'une publication, mettre les pieds dans le plat : en mesurant l'évolution de la vitesse des vents quelques heures après la naissance de n'importe quel ouragan, il serait possible de prédire sa puissance maximale, et même l'heure à laquelle elle sera atteinte. La preuve : il l'a vu dans... une bulle de savon !

Souffler. Attendre avec appréhension de voir la sphère se stabiliser. Et enfin, scruter les reflets bleus, verts, roses... jusqu'au "plop". Le physicien s'est contenté de faire ce que font tous les enfants du monde : admirer les belles irisations qui affleurent à la surface des bulles de savon. Une étape après l'autre, il déroule son raisonnement : "L'atmosphère a la même épaisseur comparée à la

Terre que la mince paroi savonneuse comparée à la taille de la bulle qu'elle délimite : une bulle est donc un modèle idéal pour étudier les phénomènes atmosphériques." Et de relater comment, en s'équipant d'un dispositif rudimentaire – une petite soufflerie, un moteur pour mettre la bulle en rotation, un système de chauffage pour faire varier sa température –, il a commencé à filmer, à la faveur du phénomène de réfraction lumineuse qui pare les courants savonneux de nuances colorées, les mouvements des fluides surgissant dans son modèle réduit d'atmosphère terrestre. Pour constater que, sous l'effet de la différence de température entre la base de la bulle et son pôle, une convection s'installait, donnant naissance à une multi-



tude de tourbillons. Or, le chercheur a observé que, irrésistiblement, ces petits courants s'unissaient pour donner naissance à un unique vortex, lequel s'installait dans la durée. Il les a vus se rétracter au centre, formant une sorte d'œil, tout en déployant des spirales régulières... Et d'en venir au fait: *“Les structures que nous avons sous les yeux ont tout des cyclones!”*

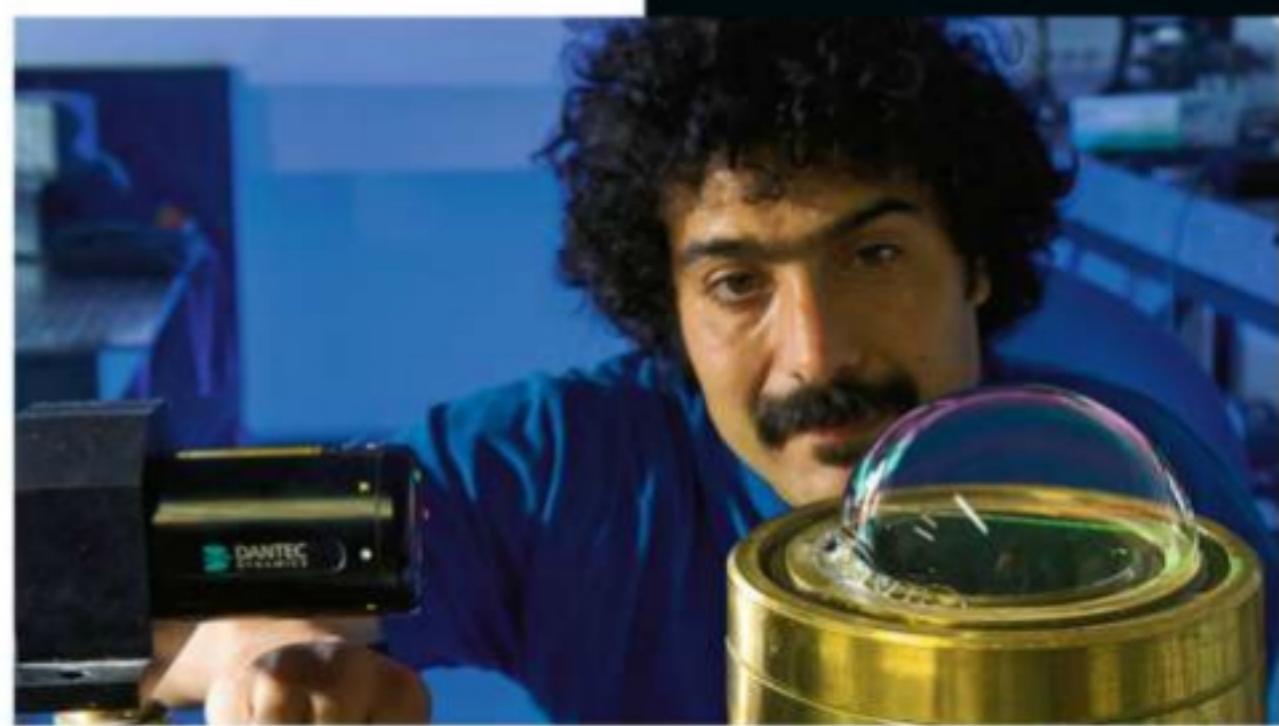
UNE ÉTRANGE RELATION

Fort de cette analogie, Hamid Kellay décide de pousser plus avant ses recherches. Première étape: tester si ce lien apparent résiste à des mesures précises. Modifiant la rotation des bulles ou leur température, il dégage peu à peu les ressemblances: comme les cyclones, les vortex savonneux se dépla-

cent en oscillant autour de leur trajectoire parabolique dans un mouvement dit “trochoïdal”; comme les cyclones, ces tourbillons évoluent de manière cyclique, leur vitesse augmentant jusqu'à atteindre un palier, avant de régresser. Surtout, le chercheur découvre que ces tourbillons suivent une loi très simple: de leur vigueur initiale dépend leur cycle tout entier. Ainsi, leur durée, leur vitesse maximale et le moment où celle-ci sera atteinte semblent prédéterminés dès le départ par la vigueur du vortex. Ce qu'Hamid Kellay résume sobrement: *“Il semble y avoir un lien entre la manière dont les tourbillons s'intensifient et la vitesse maximale qu'ils atteignent. Et ce lien peut permettre de prévoir leur intensité.”*

Les cyclones obéissent-ils à cette loi? Peut-on lire la météo dans des bulles de savon? Les simulations ultra-précises, les milliers de lignes de codes informatiques qui tentent de rendre compte du moindre vent se seraient-elles fait damer le pion par une petite machine à fabriquer des bulles? Pis. Hamid Kellay →

AV Dans son laboratoire de l'université de Bordeaux, Hamid Kellay fabrique des bulles de savon qu'il fait tourner, tel un modèle réduit de l'atmosphère terrestre: leurs couleurs dessinent alors des tourbillons dont il est capable de prévoir la puissance et la durée...





➤ Les similitudes entre ces deux vortex, savonneux et nuageux, sont frappantes, mais de là à les comparer, il y a un pas que les météorologues refusent de franchir.



FRANCK ROUX

MÉTÉOROLOGUE, LABORATOIRE
D'AÉROLOGIE DE TOULOUSE

**Comparer cyclones
et bulles de savon,
c'est comme comparer
une formule 1 et une
voiture à roulettes !**



→ est allé plus loin. Il s'est emparé des mesures de 171 cyclones qui ont circulé ces dernières années au-dessus de l'Atlantique et du Pacifique pour voir s'ils manifestaient la même étrange relation. Le résultat l'a convaincu : Katrina, Rita, Earl, Eugene... les courbes de vitesse des vents de tous les monstres atmosphériques se superposent parfaitement avec celles des vortex savonneux. *“Cela nous dit que le taux d'intensification au début des cyclones est relié à la vitesse maximale des vents, conclut-il. Cette règle semble être universelle. Et, par conséquent, si on connaît ce taux d'intensification, on peut prévoir à quel moment le cyclone va atteindre sa force maximale et quelle va être la valeur de cette force.”*

La nouvelle n'a pas tardé à se diffuser de la communauté des physiciens vers celle des météorologues... qui se montrent plutôt sceptiques, voire carrément

crispés. *“Comparer cyclones et bulles de savon, c'est comme vouloir prédire le comportement d'une formule 1 en étudiant une voiture à roulettes !”* s'exclame, franchement hostile, Franck Roux, météorologue au laboratoire d'aérologie de Toulouse. *“Il faut faire très attention à ne pas étendre de simples similitudes d'aspect.”*

DES FORMES STABLES ?

Les positions de principe ne suffisant pas, les météorologues déplient à leur tour leurs démonstrations. *“Un cyclone est un phénomène tridimensionnel, martèle ainsi John Knaff, au National Oceanic and Atmospheric Administration. L'eau surchauffée de l'océan s'évapore, remonte et se condense, libérant de la chaleur: c'est le phénomène dominant. Et il est complètement absent des tourbillons des bulles de savon qui, eux, sont en deux dimensions.”* Ce sur quoi renchérit Franck



Roux: "Cette loi est peut-être vraie pour les tourbillons, mais je doute qu'elle s'applique aux cyclones. Pour moi, la question pertinente est: qu'est-ce qui contrôle l'accélération des vents? Et à cela, il est impossible de répondre avec des bulles." Mais d'autres défendent néanmoins une expérience qui permettrait d'appréhender la formation et l'évolution des tempêtes. "La nécessité de faire des prédictions peut avoir tendance à détourner la météorologie de son objectif principal: comprendre les phénomènes, analyse Joël Sommeria, à l'université de Grenoble. Cette expérience reproduit l'effet de convection sur une calotte sphérique en rotation entre un équateur chaud et un pôle plus froid... Tout cela donnera indéniablement des informations sur la robustesse des tourbillons selon les situations."

Quels sont les principes fondamentaux? Les formes stables de tourbillons? Des météorologues

plaident pour que soit enfin constitué un bestiaire de tourbillons, courants et vortex que l'on passerait au tamis des simulations. "Une compréhension fondamentale ferait du bien, pointe ainsi Jan-Bert Flor, lui aussi à Grenoble. Très réalistes, les simulations météo tiennent compte de toutes les complications de la réalité, limitant la compréhension plus générale de ce qui est important."

Hamid Kellay, lui, persiste et signe. "Les données montrent que la puissance maximale et la durée de vie des cyclones, comme celles des bulles, sont inscrites dès le départ dans l'accélération des vents. Il faudra bien essayer de comprendre pourquoi!" L'avenir dira si, oui ou non, on peut lire le comportement des monstres atmosphériques dans des bulles de savon... ■

LES PRODIGES DE L'ANALOGIE

Procéder par analogie, c'est la méthode pour observer l'inobservable. Etudier les propriétés d'un phénomène en en regardant un autre, en apparence totalement différent mais dont le comportement est décrit par les mêmes lois. Observer des fontaines d'eau pour comprendre l'explosion des étoiles; scruter les remous d'une cuve pour élucider le renversement du champ magnétique terrestre; projeter de la

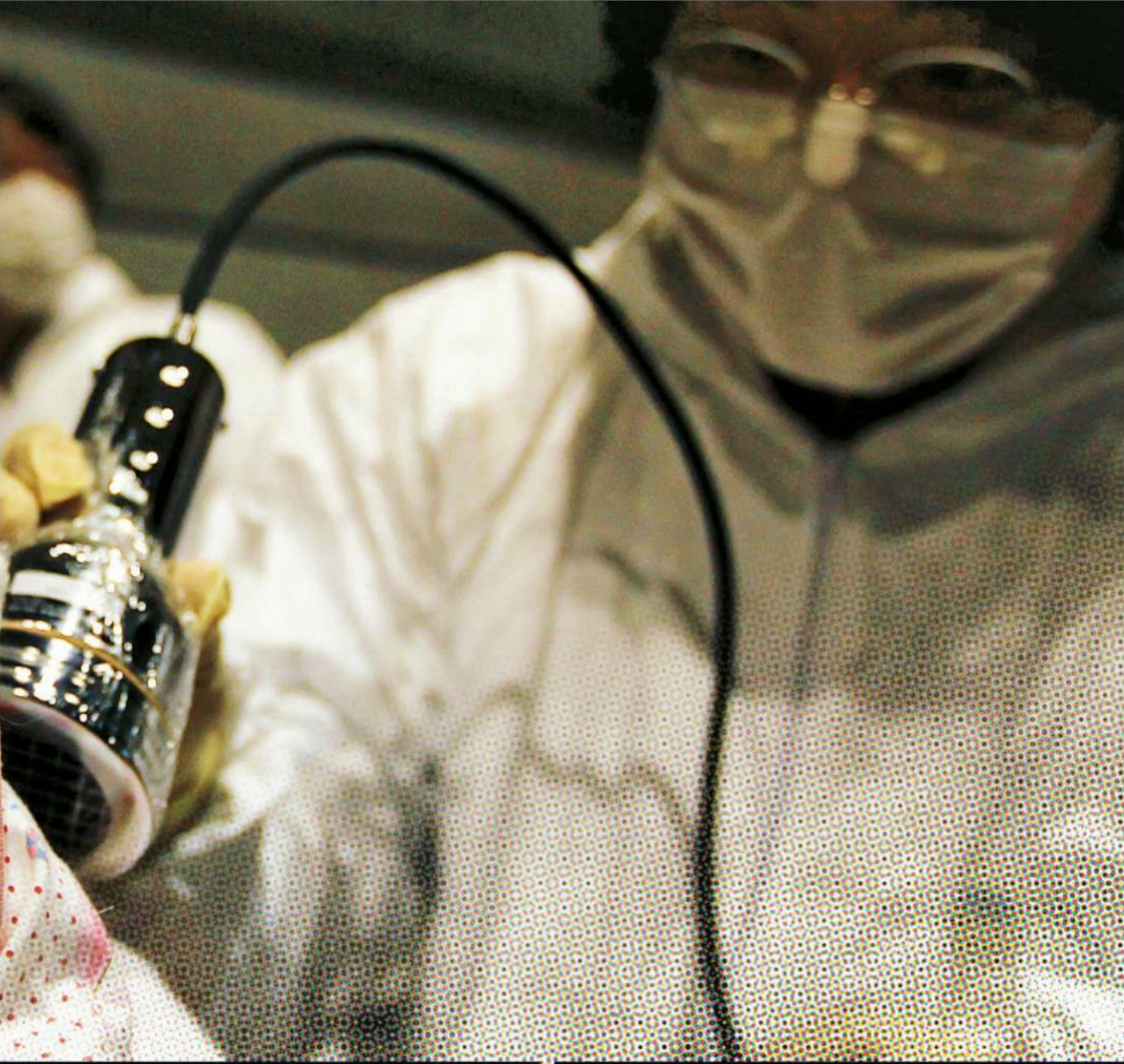
lumière dans des matériaux pour tester l'existence d'univers parallèles... La méthode n'a pas fini de faire des miracles (voir *S&V* n° 1144, p. 44). Heureusement, car lorsque les simulations numériques butent sur la complexité de la nature, il n'y a pas d'alternative... Jamais un cyclone ne se laissera enfermer dans un laboratoire!



CANCER DE LA THYROÏDE

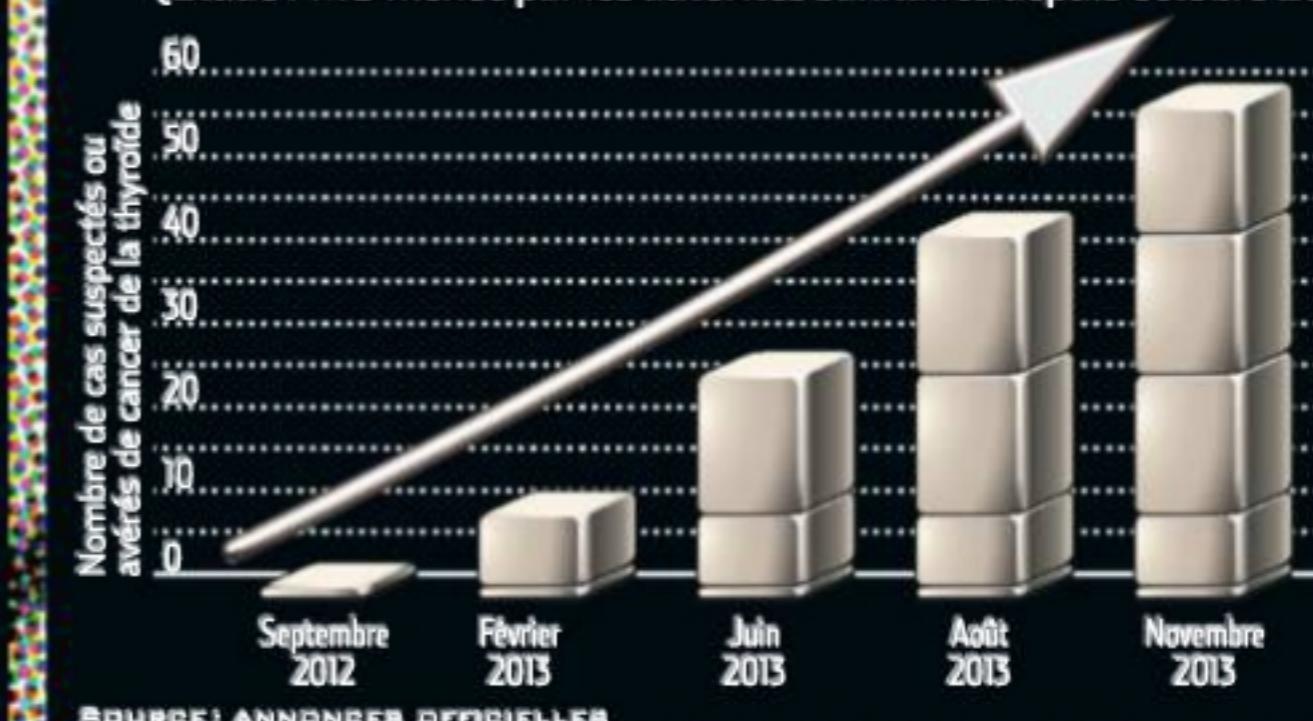
LE JAPON MENT-IL SUR LES CONSÉQUENCES DE FUKUSHIMA ?

PAR RAFAËLE BRILLAUD



KYUNG HOON/REUTERS
Officiellement, les quelques cas de cancer de la thyroïde confirmés chez des enfants ne sont pas liés à la catastrophe de Fukushima. Une version contestée par des médecins sur place. Pourquoi ? Quel est l'impact sanitaire réel ? A quoi bon le nier ? Enquête.

De plus en plus de cas diagnostiqués
(Etude FMU menée par les autorités sanitaires depuis octobre 2011)



Mi-décembre 2013. Ils sont tous là. Réunis sous la lumière blafarde de l'université médicale de Fukushima (FMU), à une soixantaine de kilomètres de la centrale accidentée. En rang et en costume, les scientifiques chargés d'enquêter sur l'état de santé des populations locales présentent leurs premiers résultats. Vient le tour de Shinichi Suzuki, qui mène une étude épidémiologique inédite sur les enfants: "Nous avons diagnostiqué 59 cas de kystes ou de nodules suspects au niveau de la thyroïde. Après opération, 26 cancers ont été confirmés, un cas s'est révélé bénin; les 32 autres attendent l'intervention chirurgicale." Ces cancers ont-ils été provoqués par les rejets radioactifs de la centrale? Sont-ils les prémisses d'une catastrophe sanitaire à venir, comme le craignent les familles? "Non", répond catégoriquement le médecin. Fin de la présentation.

LA POLITIQUE DE L'AUTRUCHE

Lors de cette rencontre avec les journalistes, les responsables de la FMU martèlent un seul message: tout va bien, rien à signaler. Sans même attendre les conclusions de leurs propres recherches, ils soutiennent que l'accident survenu il y a trois ans n'aura aucun impact sanitaire, notamment sur la thyroïde des enfants. Et leur aplomb n'est pas sans rappeler celui des autorités françaises à l'époque du nuage de Tchernobyl...

Toutefois, fait rare dans cette société plutôt conformiste, des voix dissonantes commencent à s'élever au sein de la communauté scientifique nipponne. Kazuo Shimizu, chirurgien de la thyroïde à la Nippon Medical School de Tokyo, juge

G.BRESSION/TROISIÈME - KYODO/REUTERS - MAXPPP

► Lors de la présentation des premiers résultats de son étude sur la santé des enfants, Shinichi Suzuki, de l'université médicale de Fukushima, le martèle: les premiers cancers diagnostiqués n'ont aucun lien avec l'accident nucléaire...

DATES

12 mars 2011: première explosion et premiers rejets radioactifs à la centrale de Fukushima-Daiichi.

25 mars 2011: la centrale ne relâche plus de radionucléides dans l'atmosphère, mais de l'eau contaminée est larguée en mer.

11 septembre 2012: premier cas de cancer de la thyroïde détecté chez un enfant vivant dans la région.



les enquêtes statistiques officielles "insuffisantes". Hiroto Matsue, radiologue spécialiste du cancer, affirme quant à lui n'avoir jamais vu de thyroïde dans un tel état... "Je suis inquiet", lâche-t-il sobrement. Alors d'où viennent les certitudes affichées par les autorités? *A priori*, elles doivent reposer sur des données imparables! Or, il n'en est rien. Quantité de lacunes et de failles sèment le doute. Car si rien ne permet de dire que des enfants sont déjà malades à cause de l'accident nucléaire,

Si l'on s'intéresse de si près à la thyroïde des enfants de Fukushima, c'est parce qu'on a tiré certaines leçons de Tchernobyl. Les suites de la catastrophe, survenue le 26 avril 1986, ont en effet montré que c'est dans cette glande du cou que se concentre principalement un radioélément largué dans l'air lors d'un accident nucléaire, l'iode radioactif. Les jeunes, dont la thyroïde en pleine croissance a particulièrement besoin d'iode, sont les plus sensibles à cette contamination, et donc les

LE DÉNI DU JAPON N'EST PAS SANS RAPPELER CELUI DE LA FRANCE FACE AU NUAGE DE TCHERNOBYL...

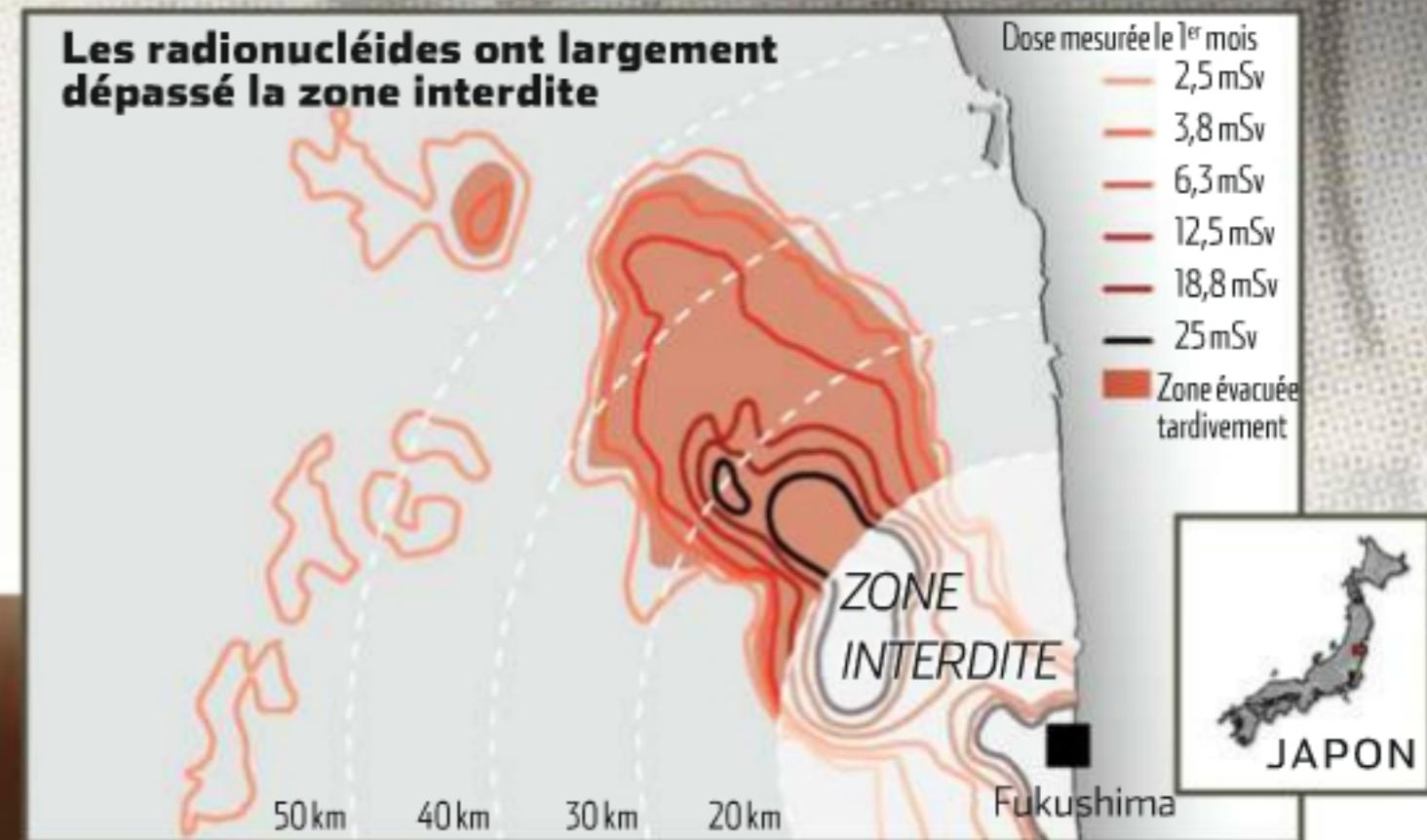
rien ne permet non plus de l'exclure... A croire qu'au Japon comme en France il y a 26 ans, un discours de vérité sur le nucléaire est décidément impossible. D'autant que certaines zones d'ombre suggèrent qu'il est légitime de s'inquiéter.

plus susceptibles de tomber malades. "A Tchernobyl, environ 8 000 cancers de la thyroïde, dont 15 décès, ont été dénombrés chez des jeunes de moins de 18 ans lors de l'explosion", précise Jean-René Jourdain, adjoint à la direction

Fukushima ne provoquera pas de cancer chez les enfants

SHINICHI SUZUKI

MÉDECIN À L'UNIVERSITÉ MÉDICALE
DE FUKUSHIMA (FMU)



UNE CONTAMINATION SOUS-ÉVALUÉE

Les rejets radioactifs ne se sont pas limités à la zone interdite de 20 km autour de la centrale : ils ont contaminé un large territoire rural, dont les habitants n'ont été évacués que six semaines après l'accident et auprès desquels la distribution de pilules d'iode protectrices a été insuffisante.



de la protection de l'homme à l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), qui s'est rendu souvent sur les deux terrains.

Certes, Fukushima n'est pas Tchernobyl. Même si les deux accidents ont été classés au niveau 7, le plus élevé sur l'échelle internationale des événements nucléaires, il y a eu moins d'émissions radioactives sur l'archipel. Et grâce

à leur consommation quotidienne de poissons et d'algues, les Japonais ont une thyroïde déjà chargée en iodé, sur laquelle son isotope radioactif risque moins de se fixer. Personne, donc, ne s'attend *a priori* à une envolée des cas de cancer de la thyroïde. Mais voilà que les annonces officielles égrénées au fil des mois sèment le trouble. Dès octobre 2011, en effet, la FMU lance une cam-

pagne d'échographies de la thyroïde chez les 360 000 enfants âgés de moins de 18 ans vivant dans la préfecture au moment de la catastrophe. Un premier cancer est dévoilé en septembre 2012. A peine un an plus tard, le nombre s'élève à 26, sans compter les 32 enfants en attente d'opération. Le cancer de la thyroïde est pourtant rare, surtout chez les jeunes : un à trois cas →

JEAN-RENÉ JOURDAIN

ADJOINT À LA DIRECTION DE LA PROTECTION DE L'HOMME À L'IRSN

On ne peut exclure que des cancers soient induits par la radioactivité



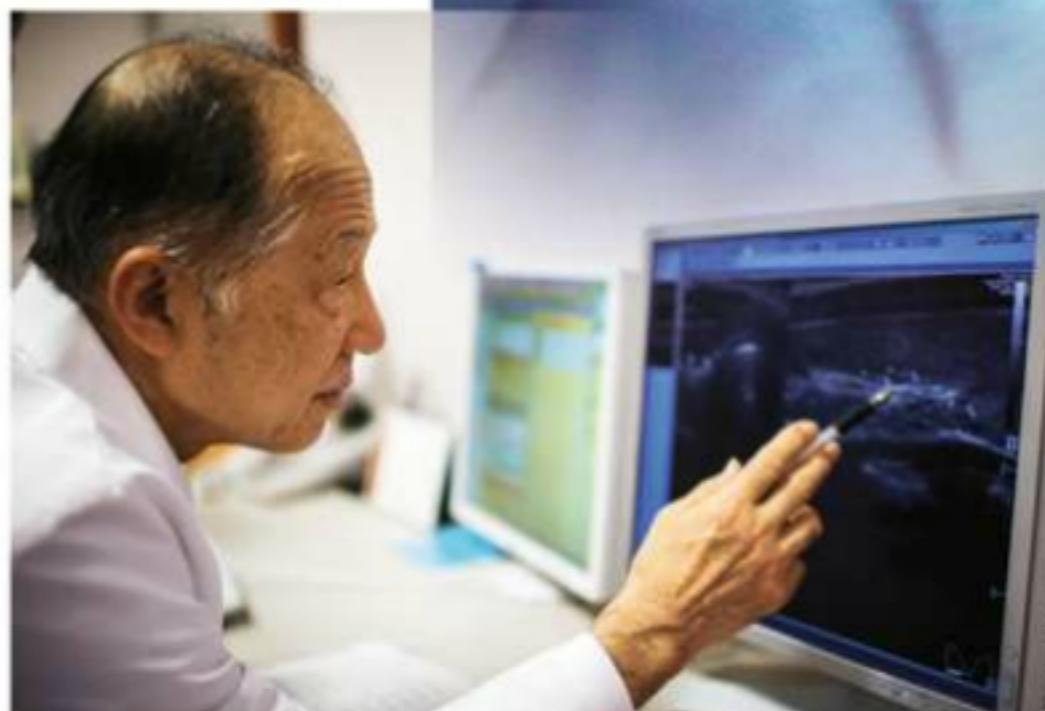
► UNE MÉTHODE DE DÉPISTAGE DISCUSABLE

Dès octobre 2011, une campagne d'échographies de la thyroïde vise les 360 000 enfants de la préfecture. Elle permet de repérer d'éventuels kystes et nodules. Mais certains médecins déplorent une procédure trop rapide et des critères de dépistage arbitraires.

→ par million d'enfants et par an en temps normal. Or, 26 cancers sur deux ans et sur 225 537 enfants dépistés, cela donne... 110 cas par million et par an ! Même si le cancer de la thyroïde se soigne plutôt bien et s'avère rarement mortel (lire l'encadré ci-contre), on comprend l'effroi des familles japonaises... On devine aussi, à travers les débats qui émergent alors dans les médias nippons, la perplexité de certains scientifiques.

IL N'Y A AUCUNE CERTITUDE

Dès les premières annonces, pourtant, les scientifiques officiels s'évertuent à écarter tout lien avec la centrale... A tort ou à raison ? Pour expliquer ces cancers, ils invoquent des disparités régionales ou "l'effet moisson" du dépistage systématique, mettant en évidence des cas qui auraient été repérés, en temps normal, plus tard. Mais ces biais font de moins en moins le poids face aux chiffres qui ne cessent de gonfler. Finalement, ils affirment qu'il est impossible



de comparer ces nouvelles données aux statistiques dont on disposait auparavant sur la maladie puisqu'il s'agit, d'un côté, d'une incidence (le nombre de nouveaux cas dépistés pendant une période précise), et de l'autre, d'une prévalence (le nombre total de cas diagnostiqués dans une population).

La méthodologie de la FMU nous est détaillée par Shinichi Suzuki. Le premier "round" d'échographies, qui s'achèvera le mois prochain, servira de référence, car il n'y avait pas de surveillance systématique des glandes hormonales avant l'accident. Seuls les

rounds suivants (tous les deux ans chez les moins de 20 ans, tous les cinq ans au-delà) permettront de comparer les données. Néanmoins, le médecin en est déjà certain : l'accident de Fukushima n'augmentera pas le nombre de cancers de la thyroïde. On ne demande qu'à le croire... sauf qu'aucun des arguments officiels ne résiste à un examen minutieux. Ces 26 premiers cas sont sans lien avec la centrale, certifie Suzuki. Mais comment exclure cette possibilité ? Un cancer provoqué par la radioactivité n'a pas de signature biologique spécifique : il n'est pas différent des autres. Impossible, donc, d'écarter tout lien avec un accident nucléaire ni, inversement, de l'établir,





POURQUOI LES JEUNES SONT PLUS EXPOSÉS

La thyroïde, c'est une petite glande hormonale en forme de papillon située au niveau du cou. A la naissance, elle ne pèse que 1 g; elle en atteint 20 à l'âge adulte. Pendant la croissance, elle a un besoin essentiel d'iode, qu'elle puise dans l'alimentation. C'est pour cette raison que les plus jeunes sont aussi les plus exposés à l'iode radioactif émis dans l'air lors d'un accident nucléaire. Inhalé ou ingéré *via* de la nourriture contaminée, le radionucléide se fixe quasiment intégralement sur la glande et l'irradie... au risque de générer un cancer, jusqu'à 40 ans après l'exposition. Lorsqu'un nodule ou un kyste semble douteux à l'échographie, on prélève quelques cellules à l'aide d'une fine aiguille. S'il s'agit d'un cancer, la glande est retirée. Correctement traitée, cette maladie est rarement mortelle. Mais les personnes ayant subi l'ablation de la thyroïde, indispensable au bon fonctionnement de l'organisme, devront prendre des hormones à vie.

d'autres facteurs (génétiques, hormonaux) pouvant être déterminants. "On sait juste qu'il existe plusieurs cancers thyroïdiens et que la radioactivité ne peut induire que l'un d'entre eux, dit 'papillaire', précise Jean-René Jourdain. Pour tous les autres types, on peut donc éliminer l'hypothèse des radiations." Mais ce n'est pas le cas à Fukushima, puisque les 26 malades ont justement développé des cancers papillaires...

Autre argument: il serait trop tôt pour parler de cancers radio-induits car, à Tchernobyl, les premiers cas ne sont apparus qu'au bout de quatre à cinq ans. Kazuo Shimizu, qui a exercé en Ukraine, démonte aisément ce raisonnement. "Dans les

années 1990, les enfants ukrainiens venaient d'eux-mêmes à l'hôpital avec des grossesurs à la thyroïde si importantes qu'on pouvait les palper, raconte le spécialiste. Nous n'avions ni les connaissances, ni les moyens

LA DIFFICULTÉ, C'EST QU'UN CANCER RADIO-INDUIT N'EST PAS DIFFÉRENT DES AUTRES

techniques d'aujourd'hui. Les tumeurs se sont peut-être développées dès les trois années qui ont suivi l'accident, mais elles étaient alors si petites que personne ne les a vues."

Pour écarter tout lien entre les 26 malades et la centrale, la FMU a présenté une

campagne de dépistage menée de novembre 2012 à mars 2013, dans des zones très éloignées du nuage radioactif. Dans les préfectures d'Aomori (au nord), de Yamanashi (au centre) et de Nagasaki (au sud), 1 % des enfants échographiés présentaient à la thyroïde des nodules et des kystes de grosseur suspecte. Soit un chiffre légèrement supérieur au 0,7 % relevé à Fukushima. "Cette étude ne s'appuie que sur 4500 personnes, un échantillon trop petit pour être représentatif", rétorque Jean-René Jourdain. Kazuo Shimizu milite quant à lui pour qu'un plus large sondage soit effectué à l'échelle du pays.

C'est Hiroto Matsue qui porte le coup fatal à la démonstration officielle. Ce spécialiste du cancer se rend régulièrement à Fukushima pour y consulter bénévolement. "Parce qu'elle n'a plus confiance en la FMU, la→



▲> UNE ESTIMATION DES DOSES REÇUES PEU FIABLE

En interrogeant la population et en mesurant les doses d'iode 131 reçues, les scientifiques officiels ont conclu à une exposition "extrêmement faible". Sauf que leur méthode, basée sur un panel limité, est critiquée.

→ *population locale a ouvert sa propre clinique en décembre 2012, grâce à des fonds collectés dans le pays, explique-t-il. Au début, nous pensions y pratiquer une médecine généraliste pour les personnes âgées. Mais dès l'ouverture, notre clientèle était composée à 80 % d'enfants.*" Le radiologue a examiné en un an plus de 600 jeunes amenés par des parents inquiets.

Sans jamais se départir de son calme, Hiroto Matsue assène son réquisitoire: "Les échographies de la FMU sont faites en deux minutes avec de vieux appareils. Les miennes durent un quart d'heure, il faut du temps pour avoir une bonne image!" Résultat: des enfants jugés en bonne santé par la FMU ont révélé des nodules ou des kystes douteux. Les chiffres officiels seraient-ils sous-évalués? Le radiologue a de plus graves raisons de le croire: "Seuls les nodules de plus de 5 mm et les kystes de plus de 20 mm sont soumis à de plus amples examens. C'est arbitraire! Certains de ces enfants sont de futurs malades. Leurs kystes



et nodules peuvent grossir. Et la taille ne fait pas tout: il faut aussi regarder l'aspect, le nombre. Depuis quarante ans que j'exerce, je n'avais jamais vu de thyroïdes avec tellement de kystes et de nodules que je ne pouvais les compter. Ce n'est pas normal."

Nul ne peut encore dire si ces enfants seront ou non victimes de l'atome. Mais Shinichi

en deçà du seuil de 50 mSv à partir duquel, chez l'enfant, une augmentation du risque de cancer est jugée détectable.

TOUT UN TERRITOIRE OUBLIÉ

Reste que le calcul, lui aussi, est discutable. Car il n'existe aucune mesure directe des rejets dans l'air de Fukushima. Et d'une étude à l'autre, les émissions, tout en restant inférieures à celles de Tchernobyl, varient du simple au... quadruple. En outre, au milieu du chaos de l'évacuation, il est difficile de savoir combien de temps et avec quelle intensité chaque personne a été exposée. L'estimation officielle se base sur des questionnaires envoyés à près de 500 000 habitants de la préfecture. Mais avec un taux de réponse de 23,6 %, ces questionnaires, qui reposent sur la bonne volonté et la mémoire des habitants, ont une fiabilité

À FUKUSHIMA, DES PARENTS, MÉFIANTS, ONT OUVERT LEUR PROPRE CLINIQUE

Suzuki n'en démord pas: il ne peut y avoir un excès de cancers de la thyroïde, puisque l'exposition des Japonais à l'iode radioactif a été, dit-il, "extrêmement faible". La dose externe maximale calculée par la FMU serait de 25 millisieverts (mSv, voir "Jargon"). Soit bien



HIROTO MATSUE

RADIOLOGUE SPÉCIALISTE DU CANCER,
DIRECTEUR D'UNE CLINIQUE À FUKUSHIMA

*Je n'avais jamais vu
de thyroïdes avec autant
de kystes et de nodules*

toute relative. La FMU a également mesuré, fin mars 2011, la charge corporelle en iodé radioactif de 1080 enfants des communes voisines d'Iitate, de Kawamata et d'Iwaki. *“Sauf qu'un si petit panel, sur une zone très localisée, a très peu de valeur statistique”*, souligne Jean-René Jourdain.

Cette étude fait notamment l'impasse sur un territoire problématique. Au lendemain de l'accident, les autorités ont évacué, en trois jours, les 80000 personnes résidant à moins de 20 km de la centrale. Mais les rejets radioactifs ont largement dépassé ce cercle, formant une longue plume de contamination vers le nord-ouest (voir carte p. 85). C'est là que réside la principale inconnue. Les populations de cette région rurale très peuplée n'ont été évacuées que le 22 avril, soit près d'un mois et demi après l'accident!

On ne sait ni combien d'habitants sont concernés, ni quelle fut leur dose d'exposition.

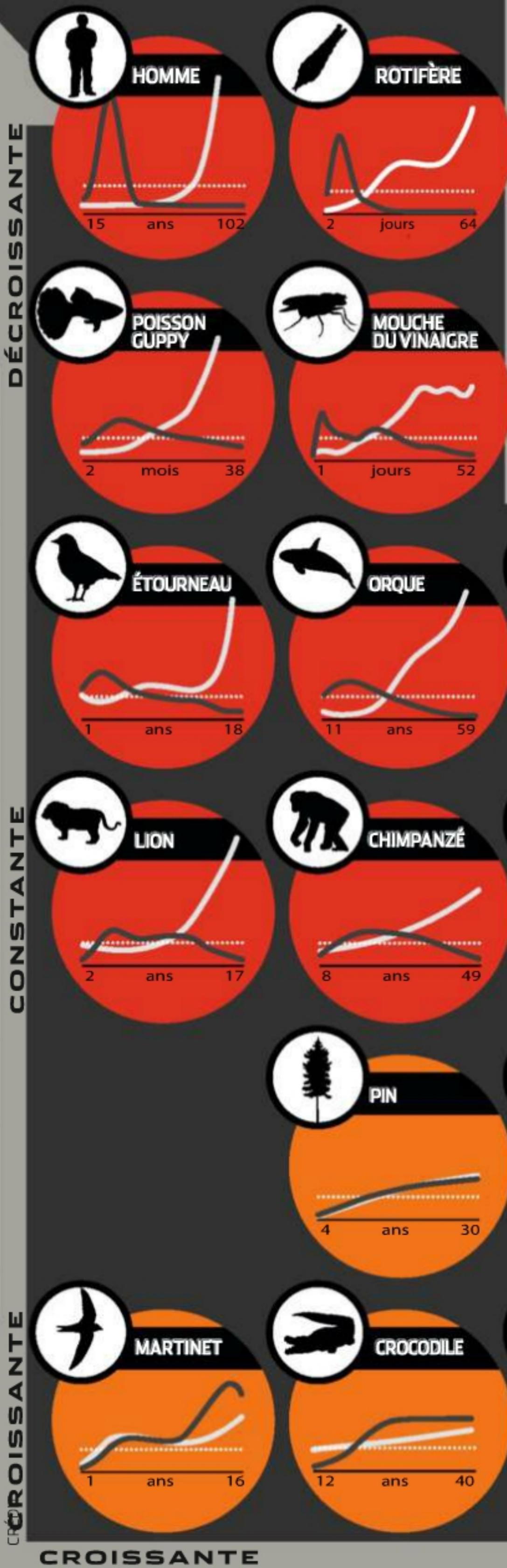
On le sait d'autant moins que, comble de malchance, beaucoup de ceux qui ont fui après la catastrophe sont venus se réfugier dans ces terres. Des chercheurs dépendant du ministère japonais de l'Environnement ont calculé les doses accumulées dans la thyroïde des personnes ayant emprunté les 18 principales routes d'évacuation. Selon eux, l'irradiation la plus grave concerne l'itinéraire allant de Namie, dans la zone d'exclusion, à Nihonmatsu, autrement dit celui qui traverse ce “périmètre oublié”. Les doses estimées, qui varient en fonction de la facilité avec laquelle la thyroïde capte la radioactivité, donc de l'âge, sont de 53 mSv pour un adulte, 89 mSv pour un enfant de 10 ans et 104 mSv pour un bébé...

JARGON

Le **sievert (Sv)** est une unité utilisée pour évaluer l'impact des rayonnements ionisants sur l'homme. Un **millisievert (mSv)** est égal à un millième de sievert. Quelques valeurs : la radioactivité naturelle moyenne en France est de 2,4 mSv par an et par personne ; un scanner abdominal expose à une dose de 25 mSv ; une radio des poumons à 0,4 mSv.

L'inconnue est de taille. Dans les six semaines qui ont suivi l'accident, la contamination de l'air et des aliments était la plus élevée. Et la population, habituée à vivre de ses récoltes et se croyant alors en sécurité, n'a guère été vigilante. Jean-René Jourdain le concède : *“On ne peut exclure que des cancers soient induits par la radioactivité. Malgré les recommandations, les pilules d'iodé n'ont pas été distribuées aux enfants. Et maintenant, il est trop tard.”*

Trois ans après le drame, l'inquiétude s'impose donc doublement. Elle porte bien sûr sur le nombre d'enfants qui pourraient développer un cancer. Mais aussi sur l'attitude des scientifiques officiels qui, loin de saisir l'opportunité d'en savoir davantage sur l'impact sanitaire éventuel des faibles doses, semblent résolus à nier l'évidence : on ne peut pas exclure que l'accident de Fukushima puisse provoquer des cancers chez les enfants. Au Japon, évaluer les conséquences du nucléaire sur la santé reste bien une affaire d'Etat.



POUR LES PLANTES ET LES ANIMAUX, 5 DESTINS SONT EN FAIT POSSIBLES

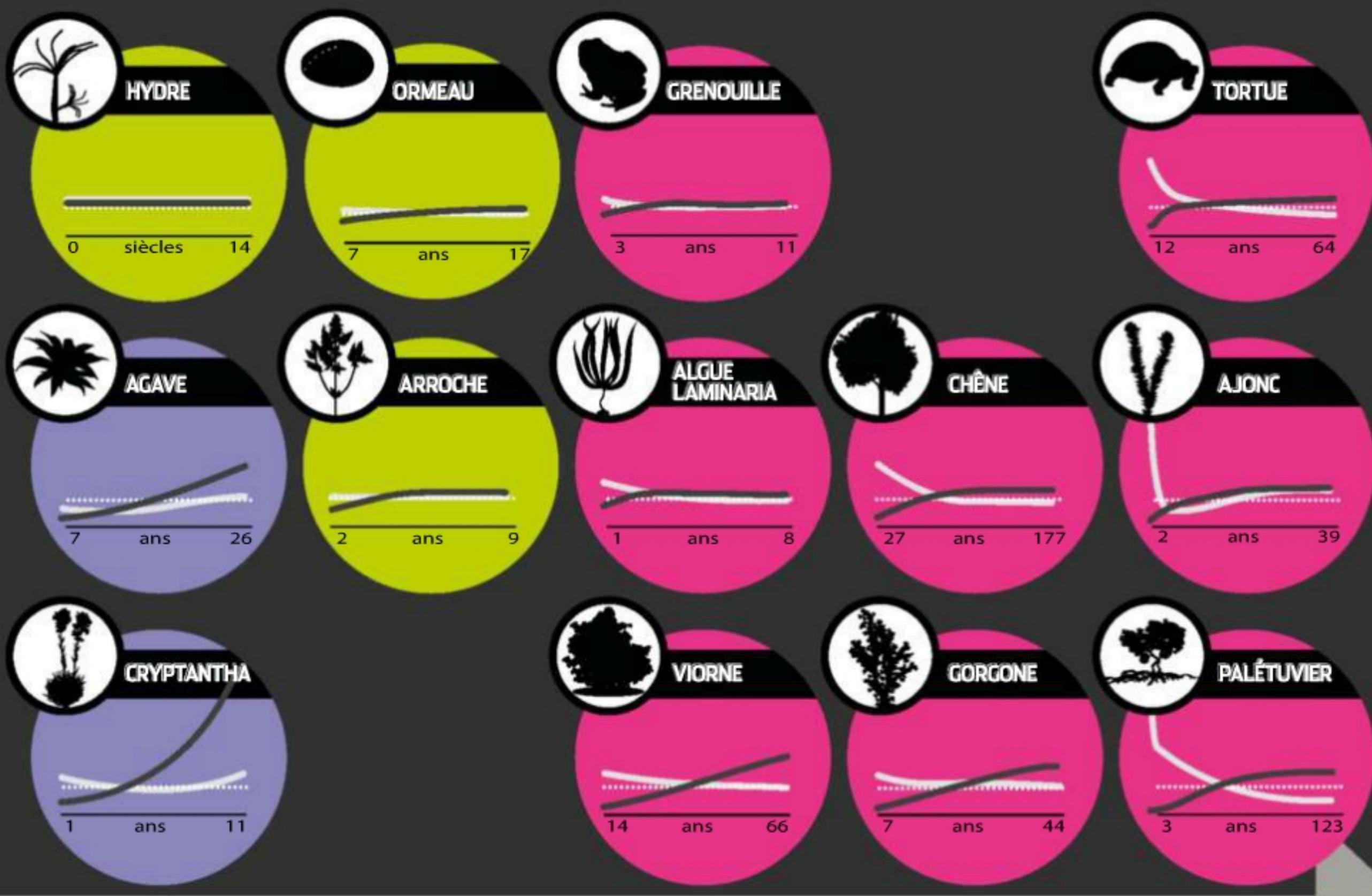
Se reproduire jeune et mourir vieux : ce destin de l'homme ne vaut pas pour toutes les espèces ! C'est ce qu'ont découvert des biologistes en étudiant les courbes de fertilité et de mortalité d'une cinquantaine d'espèces : elles décrivent l'évolution, au cours de la vie, de la capacité à se reproduire et du risque de mourir. Pour pouvoir les comparer entre elles, ces courbes débutent toutes à l'âge de la maturité sexuelle et se terminent quand il ne subsiste plus que 5 % d'individus vivants. Résultat : il se dégage 5 grands destins différents... qui réunissent de façon surprenante, l'homme et l'orque (rouge) ; l'épervier et l'ormeau (vert) ; le palmier et le campagnol (orange) ; la mésange et le millepertuis (violet), ou la grenouille et le palétuvier (rose).

— COURBE DE LA FERTILITÉ
— COURBE DE LA MORTALITÉ
..... MOYENNE STANDARDISÉE (VALEUR 1)

À CHAQUE ESPÈCE SES LIGNES DE VIE

Cela paraissait aller de soi : avec sa courbe de fertilité en cloche et une mortalité qui grimpe avec l'âge, la vie avait un sens... unique. Mais en croisant les données démographiques d'une cinquantaine d'animaux et de végétaux, des biologistes ont mis en évidence cinq destins bien différentes du nôtre ! Un nouveau regard sur la nature...

PAR FIORENZA GRACCI



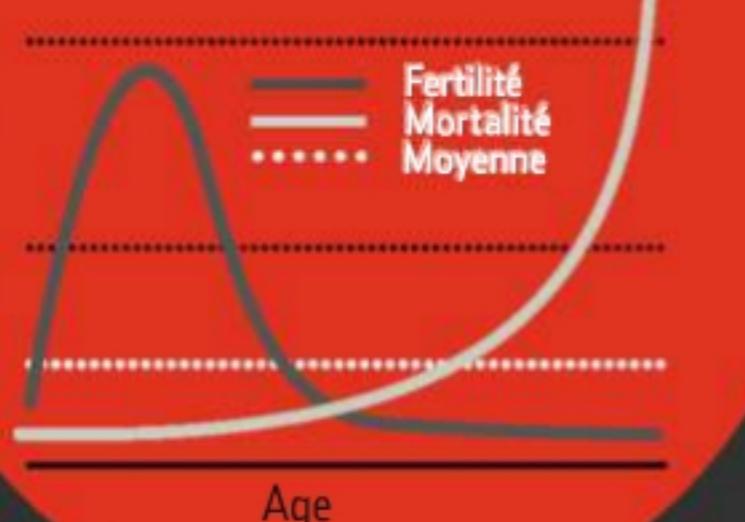
Savez-vous que le rhododendron a le même destin que le bernard-l'ermite? Que la jeunesse d'une marmotte ressemble à celle d'un crocodile, et sa vieillesse à celle d'un palmier? Et que notre sort rappelle celui du poisson guppy, au fond de son aquarium? Voici quelques-unes des déroutantes leçons qu'une équipe internationale de chercheurs a dévoilées en rassemblant et en uniformisant pour la première fois les données démographiques de 46 espèces animales et végétales. Car du pou au lion, en passant par le chêne ou le millepertuis, l'histoire de la vie peut s'esquisser à partir de deux courbes: l'une révélant l'évolution de la fertilité en fonction de l'âge, l'autre retracant l'évolution de la mortalité. Pour chaque être vivant, ces courbes racontent le temps de la reproduction et celui de la vieillesse. Et, une fois traitées mathématiquement de manière à être comparables entre elles, elles ne dessinent rien de moins que tous les destins du monde. Or, contre toute attente, le panorama qui surgit est tout à fait inédit!

LE SCHÉMA UNIQUE DÉPASSÉ

Jusqu'ici, un même schéma était censé valoir pour la plupart des espèces: une cloche centrée sur la période de jeunesse pour l'évolution de la fertilité, et une courbe montant de plus en plus vite pour la mortalité. Autrement dit, après un pic pendant la jeunesse, la capacité à se reproduire va en s'amenuisant; tandis que la probabilité de mourir augmente avec l'âge. Sauf que →



1. LES ESPÈCES QUI SE REPRODUISENT JEUNES ET MEURENT DAVANTAGE AVEC L'ÂGE



Une courbe de la fertilité en cloche, une courbe de la mortalité qui attend la moitié de la vie pour monter inexorablement. Dans un roman cela donnerait: "Ils eurent beaucoup d'enfants et vécurent longtemps..."

Un destin qui ressemble fort à celui des fables. Homme, chevreuil ou orque

consacrent en effet leur jeunesse à la reproduction, puis s'acheminent vers une longue vie - qui a cependant le défaut de se clore sur un vieillissement toujours plus accentué avec le temps. Ce tableau réserve cependant une vraie surprise. Les espèces dont les trajectoires se rapprochent le plus de l'homme ne sont pas des mammifères, mais des êtres qui ont apparemment très peu en commun avec nous: la mouche du vinaigre, reine des laboratoires; le poisson guppy, qui baroude les aquariums; et même le rotifère bdelloïde, une créature minuscule qui peuple les mares et doit sa notoriété au fait qu'elle se passe complètement de reproduction sexuée! "Ce sont des individus qui ont une très bonne survie dans la nature et, tout comme l'homme, vivent donc très âgés", argumente Thomas Tully, de l'Institut d'écologie et des sciences de l'environnement de Paris.



3. CELLES DONT LA FERTILITÉ ET LA MORTALITÉ CROISSENT DÈS LA NAISSANCE



Dur dur, d'être un campagnol... ou un crocodile d'eau douce, un pin sylvestre ou un martinet. Pour ces espèces *a priori* très peu semblables, aussitôt la maturité sexuelle atteinte, une lutte pour la survie s'engage. Dès leur jeune

âge, leurs risques de mourir augmentent toujours davantage, que ce soit du fait d'une forte prédation, des maladies ou de la simple sénescence. Ainsi, ces espèces opposent-elles à cette course contre la mort une phénoménale fertilité, qui croît, elle aussi, à mesure qu'elles prennent de l'âge - rattrapant heureusement leur courbe de la mortalité.



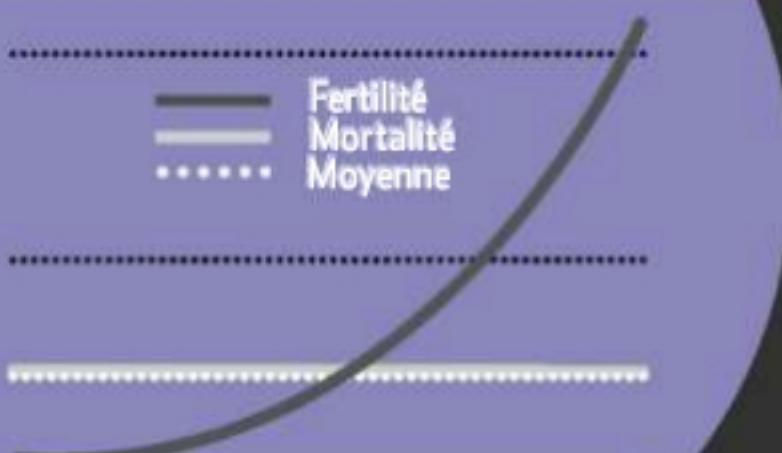
2. CELLES DONT LA FERTILITÉ ET LA MORTALITÉ RESTENT TOUJOURS CONSTANTES



Pour l'épervier comme pour le lézard, le rhododendron ou le bernard-l'hermite, la vie s'apparente à un long fleuve tranquille... Ils sont imperturbables. La nature les a dotés de la même capacité à se reproduire depuis leur prime jeunesse jusqu'à leur mort, sachant qu'ils bénéficient en plus d'une probabilité de survie pratiquement constante. Ainsi, bien que la plupart vivent relativement peu longtemps (de 5 ans pour le gobe-mouches à 17 ans pour l'ormeau), il s'agit d'espèces qui ne vieillissent pas vite (peu sénescents),

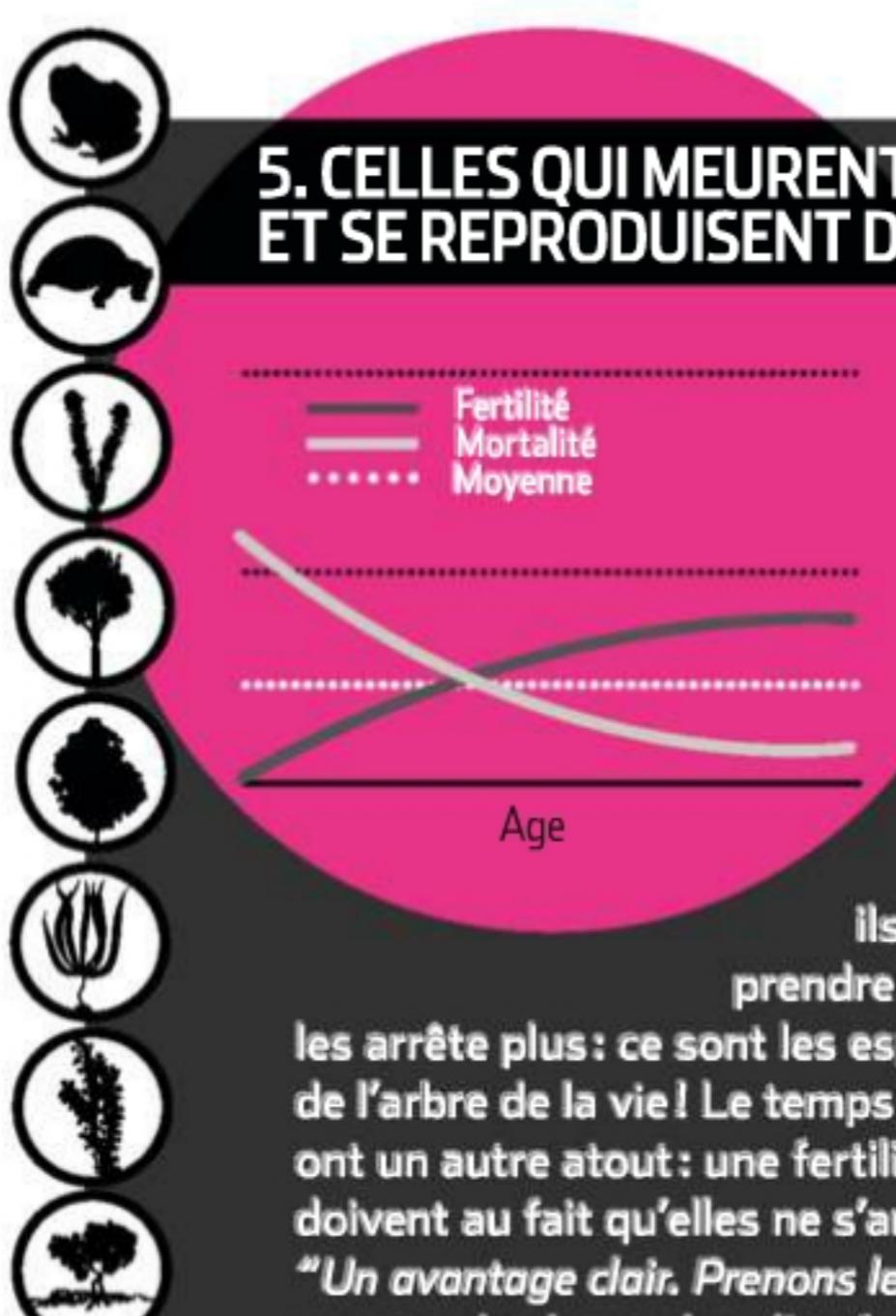
avec une mortalité en fin de vie pratiquement égale à la mortalité moyenne. Reste qu'une espèce sort résolument du lot: c'est l'hydre, la star de la survie. En laboratoire, on estime qu'elle pourrait atteindre les 1400 ans! En plus de sa longévité, ce qui l'a rendue célèbre et fait d'elle un objet d'étude privilégié des scientifiques, ce sont aussi ses incroyables capacités de régénération. A l'instar du monstre grec dont elle porte le nom, elle peut reconstruire son corps tout entier si un prédateur en a avalé une partie...

4. CELLES DONT LA MORTALITÉ STAGNE ET LA FERTILITÉ EXPLOSE



Voici un cas de figure contre-intuitif. Non seulement ces espèces ne sont pas particulièrement sensibles à l'âge, avec une courbe de mortalité presque plate tout au long de leur vie; mais la trajectoire de leur fertilité décrit aussi une courbe inattendue: elle grimpe en flèche! Il s'agit pour la plupart de plantes (millepertuis, agave...), dont les individus produisent avec l'âge de plus en plus de fleurs et de graines. Mais les mésanges aussi affinent l'art de faire des oisillons au fil du temps.

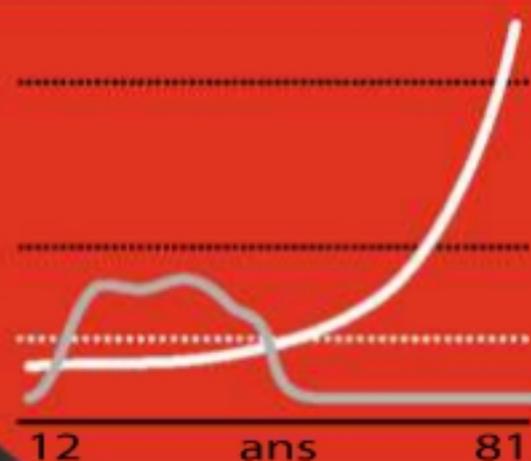
5. CELLES QUI MEURENT DE MOINS EN MOINS ET SE REPRODUISENT DE PLUS EN PLUS



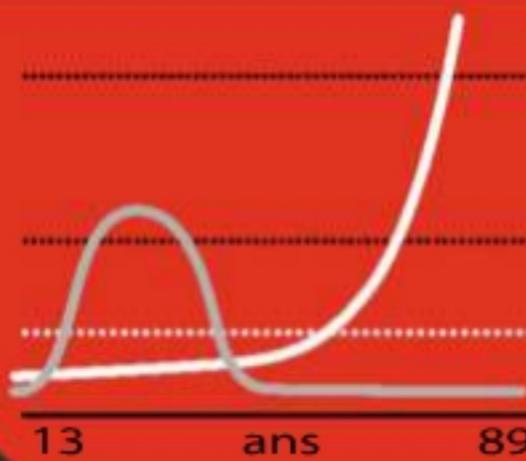
Petits, toutes sortes de dangers les guettent. Leurs têtards, larves ou plantules sont dévorés, piétinés, emportés par les courants... Mais si, par chance, ils parviennent à dépasser cette phase critique, ils ont tout le temps de prendre leur revanche. Rien ne les arrête plus: ce sont les espèces les moins sénescents de l'arbre de la vie! Le temps est de leur côté, car elles ont un autre atout: une fertilité croissante. Qu'elles doivent au fait qu'elles ne s'arrêtent jamais de grandir. "Un avantage clair. Prenons le cas de la tortue: plus elle est grosse, plus le nombre d'œufs qu'elle pond est élevé, explique Thomas Tully, de l'Institut d'écologie et des sciences de l'environnement de Paris. Etre plus grand peut aussi donner accès à des ressources supplémentaires, rendre plus compétitif..." Finalement, passé un certain âge, le facteur principal qui détermine le taux de survie de ces espèces n'est plus l'âge, mais la taille. "Il faudra trouver un moyen de l'intégrer à nos modèles", se résout Owen Jones, du centre Max-Planck pour la biodémographie du vieillissement à Odense (Danemark).

L'HOMME N'A PAS TOUJOURS EU LE MÊME DESTIN...

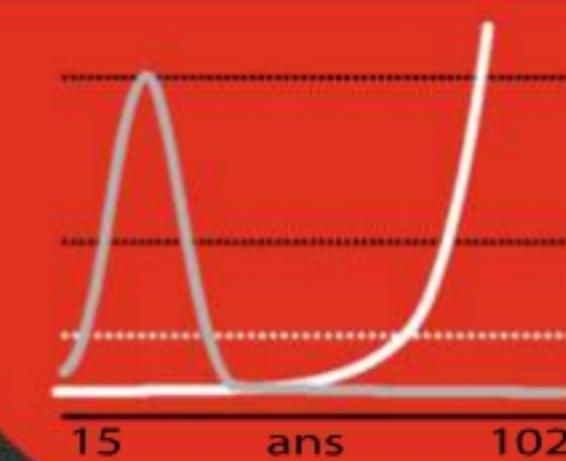
POPULATION DE CHASSEURS-CUEILLEURS



POPULATION NORD-EUROPÉENNE AU XIX^e S.



POPULATION CONTEMPORAINE



En observant les trois populations humaines pour qui des données démographiques sont disponibles – les Aché, des chasseurs-cueilleurs paraguayens; les Suédoises nées en 1881; et les Japonaises d'aujourd'hui –, un gradient saute aux yeux. La courbe de la fertilité standardisée s'élance vers le haut, tandis que celle de la mortalité s'aplatit chez les jeunes et se cabre chez les vieux, atteignant un taux spectaculaire: 22 fois la moyenne! En clair: à mesure que les hommes ont basculé vers notre mode de vie contemporain, l'existence s'est allongée et la mortalité ne

concerne quasiment plus que les classes d'âge les plus âgées. C'est là la représentation graphique de l'évolution de nos sociétés, forgée par les progrès technologiques et médicaux. *“Du point de vue génétique, ces trois groupes forment une seule et même population, exposée à trois milieux différents, schématise Owen Jones, car l'évolution naturelle n'a pas eu le temps d'agir. Nos ancêtres, eux, avaient sans doute un parcours similaire à celui du chimpanzé.”* Mais au stade de chasseur-cueilleur, l'homme était déjà sur le podium des espèces les plus sénescentes.

→ ce destin ne vaut pas pour toutes les espèces! A regarder ces nouvelles lignes, le tableau des destinées possibles s'élargit considérablement, ouvrant notre regard sur un vivant beaucoup plus varié qu'attendu. Chez certains, la fertilité grimpe en fin de vie ou reste inchangée; chez d'autres, le risque de mourir diminue avec le temps ou reste résolument le même, quel que soit l'âge...

Si ce foisonnement de destins dans l'arbre de la vie était passé jusqu'ici inaperçu, c'est que le cas particulier de notre espèce a tellement concentré les recherches qu'il a occulté ces innombrables autres histoires. Certes, quelques exceptions étaient célèbres, comme l'hydre, ce microscopique polype d'eau douce qui ne vieillit pas et possède l'inroyable capacité de se régénérer entièrement lorsqu'il est

amputé; ou les tortues géantes des Seychelles, qui vivent plus d'une centaine d'années, en pondant des œufs jusqu'à la fin de leurs jours.

DES THÉORIES CADUQUES

Aujourd'hui pourtant, c'est l'homme qui fait figure de cas particulier: *“Le dogme d'une mortalité qui augmente au cours de la vie et d'une fertilité qui diminue apparaît seulement comme une trajectoire possible”*, observe Owen Jones, du centre Max-Planck pour la biodémographie du vieillissement à Odense, au Danemark, principal auteur de l'étude. Ce qui rend, du coup, caduques les théories actuelles sur le vieillissement, conçues pour expliquer ce cas particulier: *“Sans les jeter définitivement, il faudra admettre qu'elles ne sont valables que pour une gamme particulière d'espèces”*, résume-t-il.

RECORDS

L'homme contemporain est l'espèce qui vieillit le plus rapidement (sénescence), avec une mortalité **22 fois** plus forte en fin de vie qu'en moyenne. **Al'opposé du palétvier**, pour qui la mortalité est **2,5 fois** plus faible. **Le millepertuis**, lui, atteint le record de vigueur, en étant **12 fois plus fertile** à la fin de sa vie qu'en moyenne.

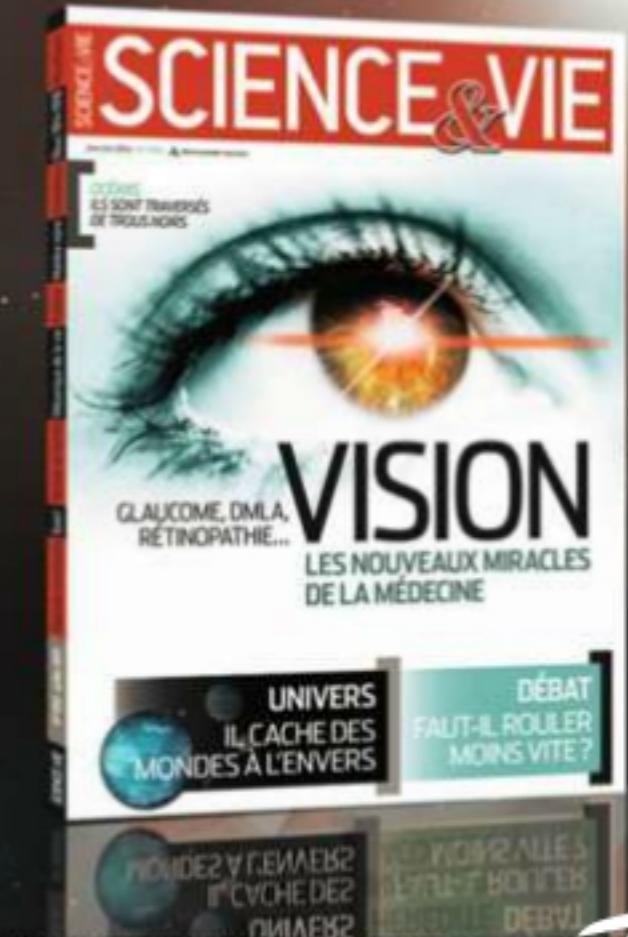
Une autre idée reçue est elle aussi battue en brèche: *“On considérait que les espèces qui ont une vie courte subissent une sénescence rapide; or, cette étude démontre qu'il n'y a pas de corrélation entre durée de vie et vieillissement”*, s'étonne Thomas Tully, de l'Institut d'écologie et des sciences de l'environnement de Paris. Ainsi, la mouche du vinaigre, qui ne vit que quelques semaines, se place entre le chimpanzé et le mouton dans le classement des espèces qui vieillissent le plus rapidement. Les spécialistes de l'évolution et du vieillissement doivent encore élargir ces recherches à d'autres règnes (bactéries, champignons) et expliquer les conditions environnementales justifiant des différences observées entre espèces similaires. Car ils savent maintenant que la vie n'a pas qu'un seul sens. ■

ABONNEZ-VOUS À SCIENCE & VIE ET SES HORS-SÉRIES

-30%
de réduction

49€
seulement
au lieu
de 70,20 €

**12 numéros
+ 4 hors-séries**



Profitez vite de cette offre !

BULLETIN D'ABONNEMENT

Oui, je m'abonne à Science & Vie pour 1 an (12 n°) + 4 Hors-séries pour 49€ au lieu de 70,20 € soit plus de 30% de réduction

761 635

Je préfère m'abonner à Science & Vie 1 an (12 n°) pour 35€ au lieu de 50,40 €

761 643

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

SCIENCE & VIE

**KIOSQUE
mag**

Disponible sur
KiosqueMag.com

➤ Voici mes coordonnées :

Nom : _____ Prénom : _____

Adresse : _____

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

Code Postal : _____ Ville : _____

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

E-mail : _____

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

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

Date et signature obligatoires

Exire à fin Code Crypto

Les 3 chiffres au dos de votre CB

*Prix public et Prix de vente en kiosque. Offre valable pour un 1er abonnement livré en France métropolitaine jusqu'au 31/03/14 et dans la limite des stocks disponibles. Je peux acquérir séparément chacun des numéros mensuels de Science & Vie au prix de 4,20 € et chacun des hors-séries au prix de 4,95 €. Vous ne disposez pas du droit de rétractation pour l'abonnement au magazine. Conformément à la loi informatique et libertés du 6 janvier 1978, vous disposez d'un droit d'accès aux données vous concernant. Il vous suffit de nous écrire en indiquant vos coordonnées. Science & Vie — TSA 10005 8 rue François Ory 92543 Montrouge cedex RCS B 572 134 773 - Capital : 1 717 360 €



L'ATLANTIQUE SE PRÉPARE À DISPARAÎTRE!

Les dernières mesures sismiques ne laissent plus guère de place au doute : au large du Portugal, le plancher océanique est sur le point de plonger sous le continent. Ce mouvement se propagera ensuite le long des côtes africaines et américaines, engloutissant à terme l'océan Atlantique. Une mort annoncée qui devrait s'étaler sur des centaines de millions d'années.

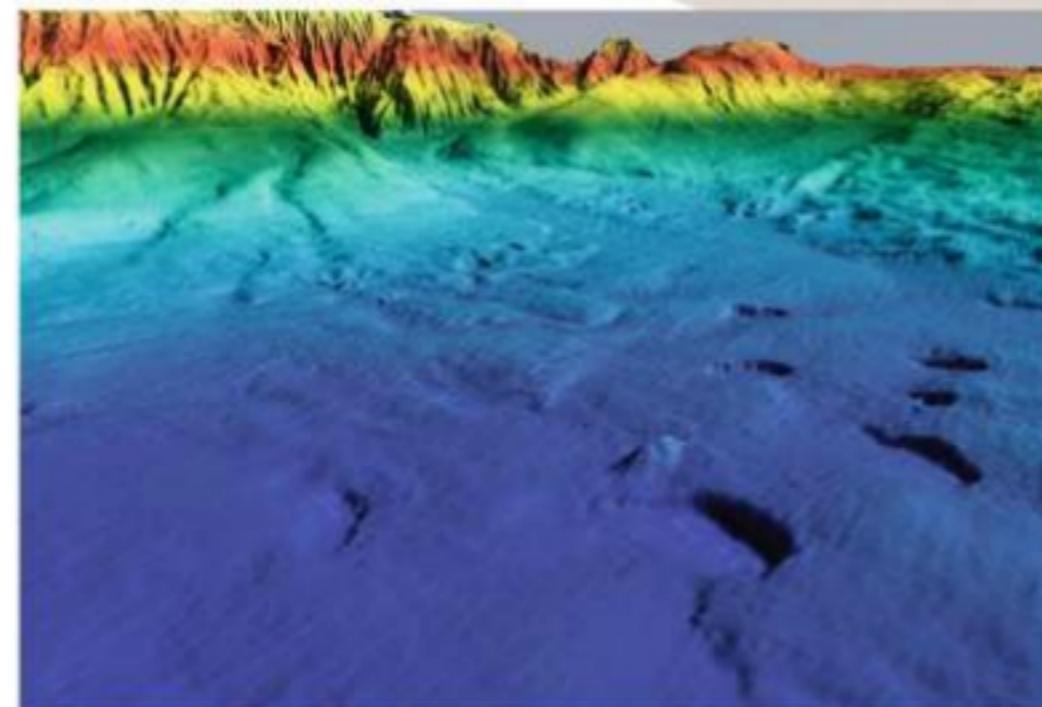


Au sud-ouest du Portugal, 3 phénomènes inhabituels ont donné l'alerte

Ses rives séparent toujours l'Ancien et le Nouveau Monde. Ses limites, révélées par les explorateurs de la Renaissance, affichent toujours une belle démesure. Avec ses 106 millions de kilomètres carrés, l'Atlantique se place toujours sur la deuxième marche du podium des océans de la planète, derrière le Pacifique, devant l'océan Indien. Il semble même promis à de beaux jours. En son milieu, une fracture de la croûte terrestre – appelée dorsale océanique – laisse remonter des profondeurs, depuis 180 millions d'années, suffisamment de matière (du magma issu du manteau terrestre) pour, en faisant croître son plancher rocheux, étendre l'écart entre ses côtes Est et Ouest de 2 centimètres par an. Et pourtant...

UNE VÉRITABLE CORDILLÈRE

Et pourtant... cette paisible croissance masque en réalité une disparition annoncée. Car dans les profondeurs des eaux du golfe de Cadix, à 2000 km à l'est de la dorsale, une équipe internationale menée par la faculté de Géosciences de Monash (Australie) vient de détecter les prémisses d'un fantastique mouvement: la plongée de la croûte terrestre portant l'Atlantique sous la façade ouest de l'Europe et de l'Afrique. *“La bordure ibérique occidentale devient active”*, rapporte João Duarte, docteur en géosciences à Monash et premier auteur de l'étude. Les fonds rocheux supportant les millions de kilomètres cubes d'eau de l'Atlantique vont se dérober, plus rapidement qu'ils ne sont créés au droit de la dorsale,



pour plonger dans les profondeurs du manteau terrestre. Ce qui conduira, d'après les modèles des chercheurs, à la disparition de l'océan. Au fur et à mesure de cet engloutissement, les eaux atlantiques n'auront en effet d'autre choix que de se déverser dans les autres océans de la planète, jusqu'à ce que les deux rives se rejoignent, et que le deuxième océan du monde ne soit plus qu'un souvenir.

L'issue fatale n'est cependant pas pour demain: les géologues évoquent quelque 200 millions d'années. Mais, pour l'équipe, la mécanique de cet événement géologique dantesque semble bel et bien en place aujourd'hui. Et la surface en portera violemment témoignage d'ici 20 millions d'années, quand la progression de feu le plancher océanique sous les continents africain et européen soulèvera leurs côtes en une véritable cordillère. Les rivages s'effaceront alors au profit d'une chaîne de

▲ Ci-dessus : une carte détaillée des fonds atlantiques a été dressée au fil d'une vingtaine de campagnes océanographiques. Pour établir leur topographie exacte, les géologues ont notamment utilisé des sondeurs bathymétriques (ci-contre).



sommets culminants à 6 000 m d'altitude, parsemée de volcans actifs et secouée de séismes.

Inimaginable? A l'échelle de nos vies, assurément. La mort de l'Atlantique sera, pour les humains, infiniment lente. Mais si les géologues s'aventurent dès à présent à anticiper l'acte de décès – sous la forme d'une étude parue cet été dans la revue *Geology* – c'est que les signes cliniques annonçant l'issue finale se sont accumulés.

L'ARC DE GIBRALTAR

D'abord, trois séismes importants, tous survenus au large des côtes du Portugal, depuis

1. Le plancher se soulève

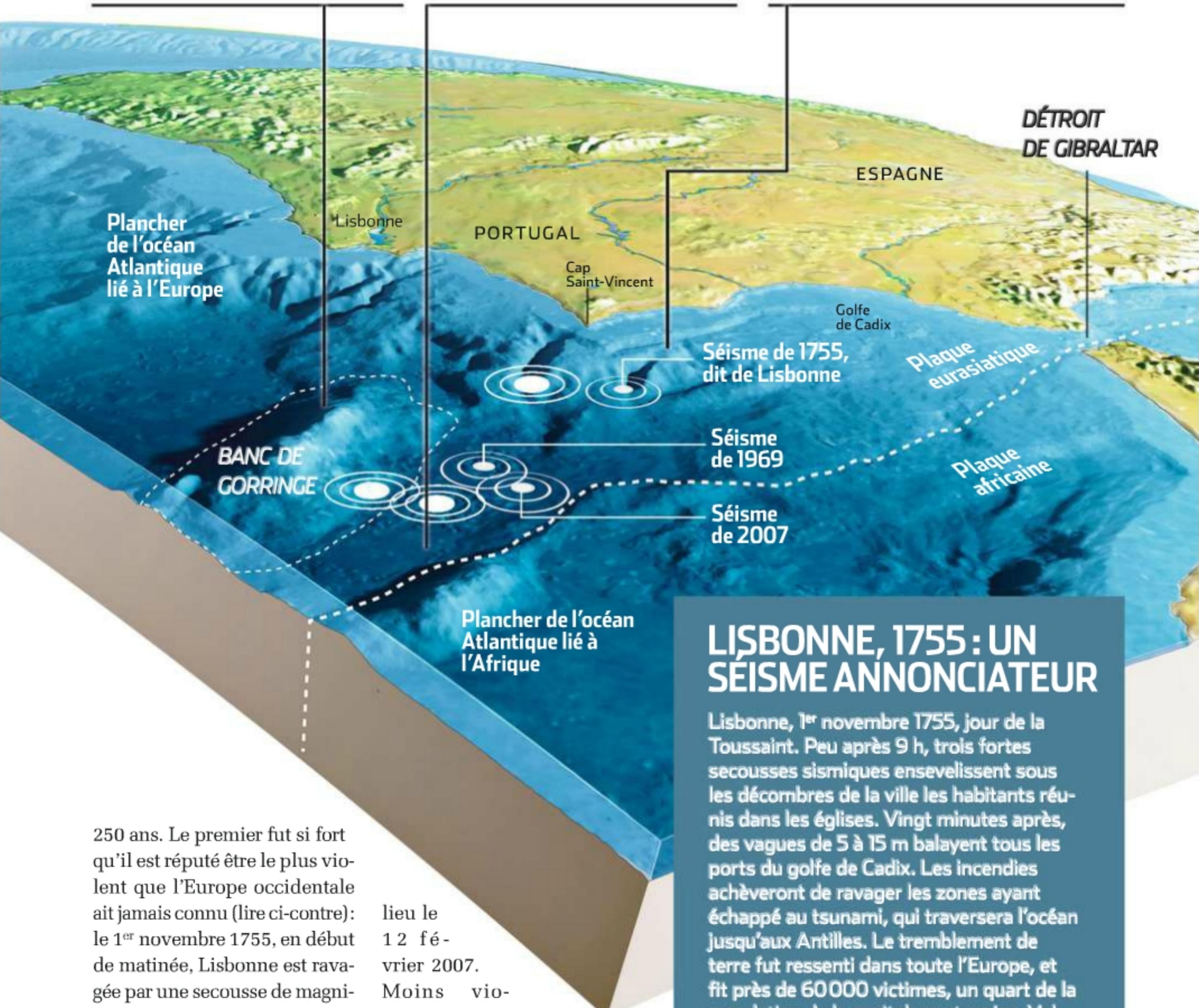
Le banc de Gorrige, énorme montagne sous-marine de 5 000 m, est un soulèvement inhabituel du plancher océanique.

2. La croûte se fissure

Dans cette zone, le plancher océanique montre divers signes de fragilité, indiquant qu'il risque de se couper en deux.

3. Des séismes à répétition

Depuis 250 ans, trois séismes de forte magnitude se sont succédé, témoignant d'une activité tectonique caractéristique.



250 ans. Le premier fut si fort qu'il est réputé être le plus violent que l'Europe occidentale ait jamais connu (lire ci-contre): le 1^{er} novembre 1755, en début de matinée, Lisbonne est ravagée par une secousse de magnitude évaluée à 8,7, qui, estiment aujourd'hui les géologues, a pris sa source dans le mouvement des fonds océaniques au large des côtes portugaises. Le scénario se reproduit le 28 février 1969. La magnitude de ce séisme est de 7,9, l'épicentre à 200 km au sud-ouest du cap Saint-Vincent, à la pointe sud-ouest du Portugal. Le troisième tremblement de la série a eu

lieu le 12 février 2007. Moins violent (magnitude de 6,1), mais tout de même ressenti jusqu'au Maroc, il trouve son origine au même endroit que le précédent. D'ordinaire, les géologues pointent du doigt l'arc de Gibraltar pour expliquer l'activité sismique de la région. C'est que cette boursouflure rocheuse est le fruit de l'enfoncement d'un lambeau de la plaque tectonique afri-

LISBONNE, 1755 : UN SÉISME ANNONCIATEUR

Lisbonne, 1^{er} novembre 1755, jour de la Toussaint. Peu après 9 h, trois fortes secousses sismiques ensevelissent sous les décombres de la ville les habitants réunis dans les églises. Vingt minutes après, des vagues de 5 à 15 m balayent tous les ports du golfe de Cadix. Les incendies achèveront de ravager les zones ayant échappé au tsunami, qui traversera l'océan jusqu'aux Antilles. Le tremblement de terre fut ressenti dans toute l'Europe, et fit près de 60 000 victimes, un quart de la population de la capitale portugaise. Voltaire, bouleversé, s'interrogera sur les impénétrables desseins du Très Haut : *"Cent mille infortunés que la terre dévore / Qui, sanglants, déchirés et palpitants encore / Enterrés sous leurs toits, terminent sans secours / Dans l'horreur des tourments leurs lamentables jours / Aux cris demi-formés de leur voix expirantes / Au spectacle effrayant de leurs cendres fumantes / Direz-vous ce sont là les salutaires lois / D'un être bienfaisant qui fit tout par son choix?"*

Les 3 étapes de la disparition de l'Atlantique

1) LE PLANCHER DE L'OCÉAN VA S'ENFONCER SOUS LE PORTUGAL...

Le plancher océanique va se déchirer...

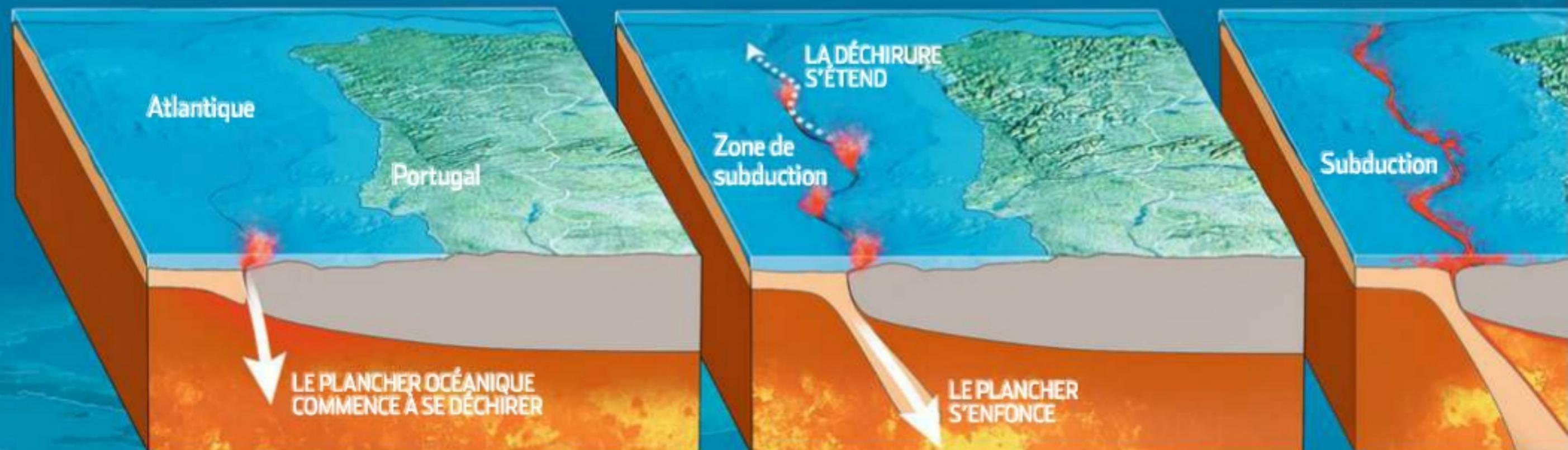
Le plancher de l'océan Atlantique commencera par se détacher de la plaque continentale.

... plonger sous le continent...

Il s'enfoncera ensuite sous la plaque continentale, propageant la déchirure le long des côtes : une "zone de subduction" se formera alors.

... pour disparaître dans le manteau...

La roche du plancher océanique se mêlera au manteau terrestre.



2) ... PUIS LE PHÉNOMÈNE GAGNERA TOUTES LES CÔTES ATLANTIQUES...

La zone de subduction initiée au large du Portugal va s'étendre le long des côtes européennes et africaines. Un phénomène identique gagnera, à l'Ouest, les côtes américaines, le bord des petites Antilles et l'arc de la Scotia (entre la Patagonie et l'Antarctique). Tout l'océan sera à terme ceinturé de subduction.

Atlantique Nord

Subduction du banc de Gorrige

Subduction des petites Antilles

LE PLANCHER OCÉANIQUE VA SE DÉCHIRER DE PRÈS EN PRÈS LE LONG DES CONTINENTS

Amérique du Sud

3) ... ET LES CONTINENTS SE RAPPROCHERONT, CHASSANT L'OCÉAN

Plongeant sous l'Afrique et l'Europe à l'Est, et sous les Amériques à l'Ouest, le plancher océanique perdra lentement de sa surface : les continents se rapprocheront, chassant les eaux de l'Atlantique vers le Pacifique.

Atlantique Sud

Subduction de l'arc de la Scotia

LES CONTINENTS SE RAPPROCHENT

Atlantique

LA CROÛTE OCÉANIQUE PLONGE À L'EST ET À L'OUEST

Manteau



... et engendrer une cordillère

En remontant, le magma donnera naissance à une chaîne volcanique.

→ caine sous la plaque eurasiatique. Autrement dit, l'arc de Gibraltar est une zone de "subduction" (voir "Jargon"), où les contraintes mécaniques et les frottements sont si intenses que les séismes sont fréquents. Spécialiste du golfe de Cadix, Marc-André Gutscher, directeur de recherche à l'Institut universitaire européen de la mer (CNRS/université de Brest), connaît bien cette structure : *"Elle finit d'avaler de la vieille lithosphère, âgée de 180 à 200 millions d'années, qui formait le plancher d'un ancien océan, la Thétis, lequel sépare alors l'Afrique et l'Eurasie, et dont la Méditerranée est une relique."*

Mais voilà : *"Les trois séismes ont eu lieu bien à l'ouest de l'arc [à près de 300 km], en arrière de la zone de friction"*, souligne Jérôme Dyment, directeur de recherche à l'Institut de physique du globe de Paris. En clair, si la terre a tremblé, c'est qu'il se trame dans les profondeurs de l'Atlantique autre chose que le heurt des plaques eurasiatique et africaine. Quelque chose d'autrement plus inattendu : ni plus ni moins que la cassure de chacune de ces deux plaques, dans leur partie océanique, le long des côtes. Et cette cassure préfigure la plongée des fragments océaniques des deux plaques, ainsi libérés, sous les fragments continentaux. Ce qui, mécaniquement, engloutira le fond de l'Atlantique.

UN MONT BLANC SOUS-MARIN

Ce scénario, les géologues de Monash l'ont établi en dressant une carte tectonique détaillée, basée sur une analyse des nombreuses données (structures des roches grâce à des profils sismiques, bathymétrie haute résolution pour



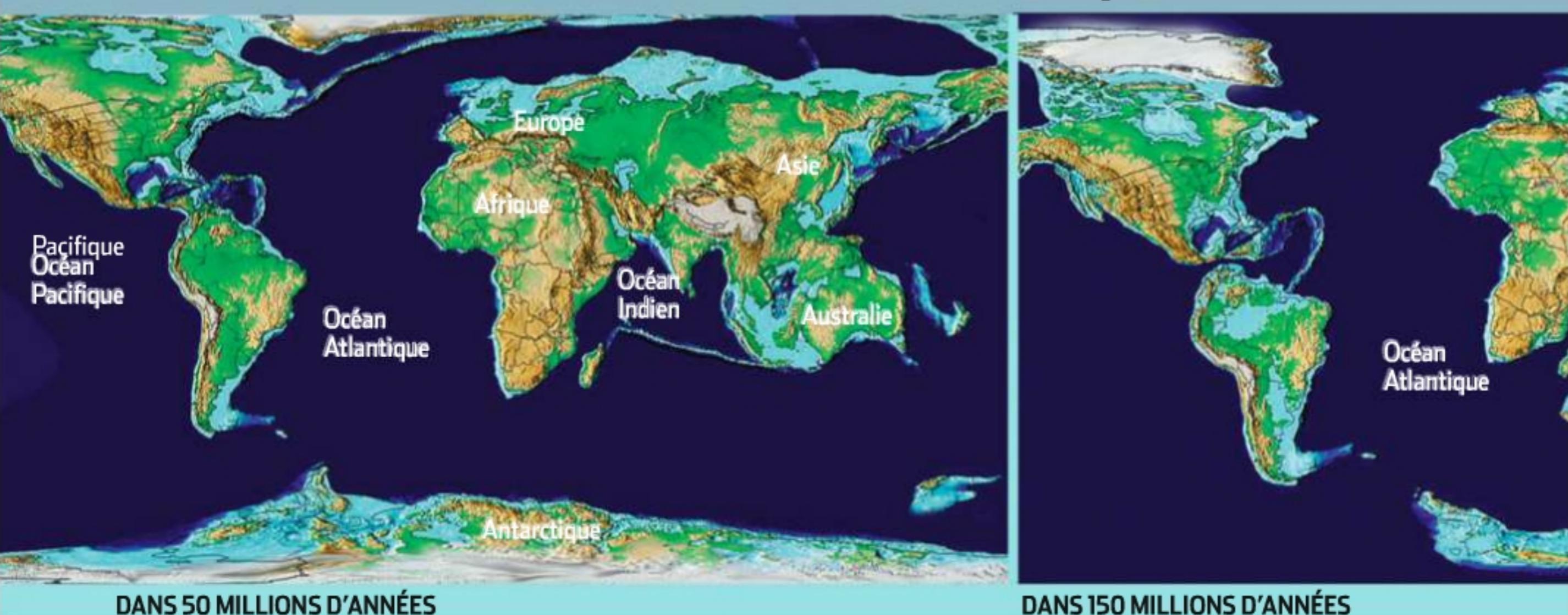
JOÃO DUARTE

FACULTÉ DE GÉOSCIENCES
DE MONASH (AUSTRALIE)

Le phénomène de subduction est comme une infection se transmettant d'une partie du globe à l'autre...

établir la topographie exacte des fonds). Ils ont mis en évidence des déformations dans les couches sédimentaires et des fractures dans le plancher océanique, entre l'arc de Gibraltar et le banc de Gorrige, véritable mont Blanc sous-marin, à cheval sur les plaques eurasiatique et africaine, qui jaillit des abysses depuis 5 000 m de profondeur jusqu'à 50 m sous la surface. Non seulement ce "banc" est cerné par des failles, mais il présente, à sa base, des "serpentinites", des roches qui rendent les plaques plus cassantes, et favorisent ainsi leur chevauchement. Autant de signes qu'ici le plancher de l'Atlantique se prépare à se couper en deux, et sa partie située à l'ouest à s'enfoncer dans le manteau terrestre. Pourquoi ? Les chercheurs estiment que la subduction engagée sous l'arc de Gibraltar ne peut plus →

Au terme de 250 millions d'années, un supercontinent se



DANS 50 MILLIONS D'ANNÉES

DANS 150 MILLIONS D'ANNÉES

Le lent retrait de l'océan s'accompagne d'un mouvement des continents. Afrique et Australie commencent à se fondre dans la zone eurasiatique.

L'Afrique écrase l'Europe, les Amériques plongent vers le sud, l'océan Indien se ferme.

→ s'épanouir, bloquée par les roches du détroit. En deux mots, ça coince.

Conséquence : les contraintes qui s'y accumulent semblent désormais migrer vers l'Ouest... malmenant le banc de Gorrige, au point de pouvoir le faire évoluer en une fracture gigantesque, qui permettra au plancher de l'Atlantique de plonger sous la péninsule ibérique. En résumé, la subduction méditerranéenne qui a fait disparaître la Thétis serait donc à l'origine d'une nouvelle subduction dans l'Atlantique, qui pourrait l'engloutir à son tour !

“C'est comme une infection se transmettant d'une partie du globe à l'autre”, avance João Duarte. Sachant que ce bouleversement prend place en plein domaine océanique, offrant aux fractures détectées, pour l'heure, localement, l'occasion de s'étendre à toute la façade atlantique ! Car la lithosphère océanique ne de-

mande qu'à sombrer dans les entrailles de la Terre. En effet, plus elle s'éloigne de la dorsale, plus elle vieillit et se refroidit, devenant très dense, plus lourde que l'asthénosphère – la couche supérieure du manteau terrestre – sur laquelle elle flotte pourtant. *“Posez une feuille de papier d'aluminium sur l'eau, elle va rester en surface. Mais il suffit que l'eau passe dessus à un seul endroit pour entraîner toute la feuille au fond”*, illustre Marc-André Gutscher, un des coauteurs de l'étude. Gorrige étant à cheval entre les deux plaques, la subduction pourrait ainsi se propager le long des côtes européennes et africaines, et les abysses s'enfoncer sous les plaques continentales.

Les conditions de fermeture de l'Atlantique paraissent bel et bien réunies. D'autant plus que deux autres régions pourraient accélérer le phénomène : l'arc volcanique des petites Antilles (aux Caraïbes) et l'arc de

la Scotia (entre la Patagonie et l'Antarctique) ont des caractéristiques similaires à celles du Portugal. C'est donc non seulement sa rive Est mais aussi son flanc Ouest qui pourrait se mettre à plonger dans les profondeurs du manteau.

PROJECTION ALTERNATIVE

Le sort de notre océan est-il définitivement scellé ? Les chercheurs admettent que la tectonique des plaques est un système redoutablement complexe, un magnifique mouvement d'ensemble, fait de compensations et de rééquilibrages. La formation d'une nouvelle subduction – désormais pronostiquée dans les abysses aux alentours du banc de Gorrige, plausible dans les petites Antilles et au large de la Patagonie – aura nécessairement des effets induits ailleurs. On ouvre ici et on ferme là, on accélère d'un côté, on ralentit de l'autre... Et les

JARGON

La croûte terrestre est constituée de **15 plaques tectoniques** principales et d'une quarantaine de plaques secondaires, qui se déplacent grâce aux courants de convections du manteau. On parle de **subduction** lorsqu'une plaque océanique plonge sous une autre plaque, la plupart du temps continentale.

sera formé là où il y avait jadis l'océan Atlantique



DANS 250 MILLIONS D'ANNÉES

Les continents se sont amalgamés en un supercontinent, la Pangea Proxima, avec un Pacifique gigantesque, ayant récupéré les eaux de l'Atlantique et d'une bonne partie de l'océan Indien.

SOURCES: FUTURE PLATE TECTONICS BY C.R. SCOTESSE, PALEOMAP PROJECT

temps géologiques défient les modélisations. «*Elles ne nous permettent pas de nous projeter de façon réaliste à plus de 10 ou 20 millions d'années*», avance Jérôme Dyment. Un point de vue que ne partage pas David Boutelier, docteur en géosciences à Monash et coauteur de l'étude: «*Si l'évolution du golfe de Cadix peut pa-*

typique d'une subduction mature. Et le plancher atlantique poursuivra sa lente disparition.

A quoi pourra ressembler la Terre une fois disparue le deuxième océan du globe? Christopher Scotese, professeur à l'université du Texas, en a proposé un aperçu. De la disparition de l'Atlantique, et de la rencontre entre les Amériques, l'Afrique

“EN DÉPIT DES DIFFICULTÉS, LES MODELES SONT ASSEZ SOLIDES POUR FONDER DES PRÉDICTIONS”

raître spéculative, les modèles conceptuels sont cependant solides, et peuvent être utilisés pour fonder des prédictions.” Lesquelles indiquent que, d'ici une vingtaine de millions d'années, nos rivages paisibles seront bouleversés, soulevés par de monstrueux séismes et remodelés par le volcanisme, pour ressembler à terme à la cordillère des Andes, paysage

et l'Eurasie, devrait naître un nouveau supercontinent, la *Pangea Proxima* (ci-dessus). Une projection alternative au scénario dit de la *Novopangea*, qui prévoit l'union des Amériques et de l'Asie, par la fermeture du... Pacifique. L'homme sera-t-il encore là pour voyager, les pieds au sec, entre le Nouveau et l'Ancien Monde? Rien n'est moins sûr... ■

EXIT L'HYPOTHÈSE DU PACIFIQUE?

La fermeture de l'Atlantique, qui pourrait aboutir à un supercontinent, la Pangea Proxima, bouscule le scénario de la *Novopangea*, qui envisage un continent unique issu de la rencontre des Amériques et de l'Asie, via la fermeture de l'océan Pacifique. Logique: celui-ci est déjà cerné de subductions, et semble donc destiné à disparaître. Mais sa fermeture ne semble pas pour demain: avec un taux d'ouverture de 16 cm par an, la dorsale rapide du Pacifique produit autant de croûte océanique que la subduction n'en consomme. Si cet écart de vitesse se maintient, le Pacifique devrait survivre plus longtemps que l'Atlantique...



Novopangea



VOIE LACTÉE **MAIS COMBIEN A-T-ELLE**

Si chacun a bien en tête la forme en spirale de notre galaxie, savoir si elle déroule deux ou quatre bras questionne depuis 60 ans les astrophysiciens. Un casse-tête d'autant plus difficile à résoudre que nous, Terriens, ne pouvons voir notre galaxie de l'extérieur...

PAR MATHIEU GROUSSON

Tout ça pour ça? Mobilisant les meilleurs radiotélescopes aux quatre coins du monde, une équipe internationale a scruté le plus vaste échantillon d'étoiles jamais considéré. Et des mois durant, elle a patiemment évalué la distance qui les sépare de nous. Si bien que sa conclusion est indubitable: la galaxie qui nous héberge – nous, le Soleil et les autres planètes de notre système – est bien une spirale à quatre branches. Belle nouvelle! Mais ne le savions-nous pas déjà? L'enroulement scintillant à quatre tentacules n'est-il pas



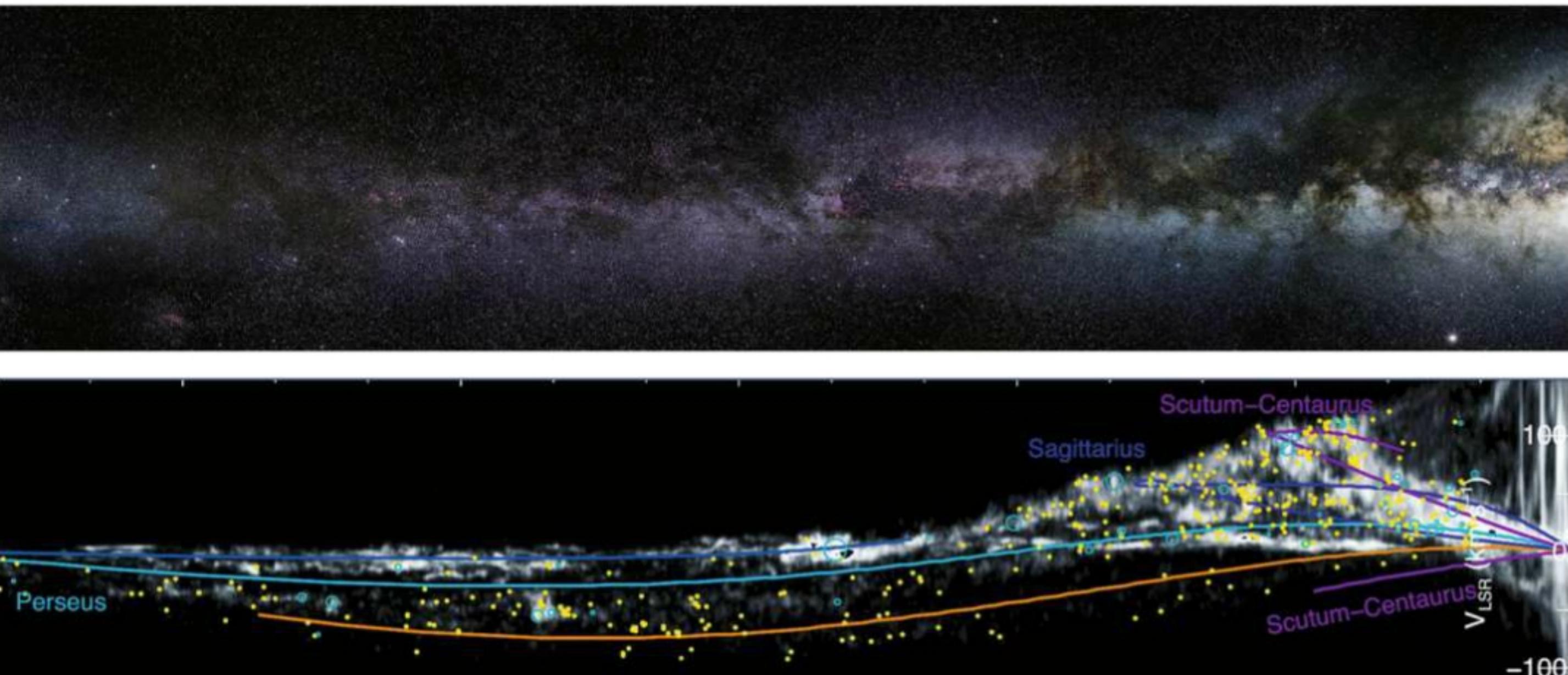
DE BRAS ?

l'une des images d'Epinal de la science, bien rangée dans les manuels et dans l'imaginaire collectif au côté de la silhouette bleue de la Terre et des contours de ses continents ? Diable ! Nous savons tout de même décrire notre maison ! Eh bien... pas tout à fait. Car il y a 60 ans, la Voie lactée avait deux bras. Vingt ans plus tard, elle en gagnait un troisième et un quatrième, avant de les perdre en 2008... et voici qu'elle viendrait de les récupérer, sans pour autant promettre de ne pas les laisser s'échapper à nouveau. Seule certitude : *“La question de la structure de la*

Voie lactée est en réalité très ouverte”, résume Françoise Combes, à l'Observatoire de Paris.

Voilà pourtant belle lurette que l'on sait que la Voie lactée est un disque aux contours nébuleux, autour duquel se déploient des spirales. Précisément depuis les années 1950, quand la radioastronomie naissante offre à voir par-delà les poussières qui obscurcissent le ciel profond. De quoi mettre en évidence, à travers la distribution des nuages d'hydrogène ionisé entourant les étoiles massives tout juste sorties de l'œuf, l'organisation en spirale des pouponnières →

▲ Deux bras (à g.)... ou quatre (à dr.) ? Laquelle de ces deux vues d'artiste est la plus fidèle ? Depuis les années 1950, les astronomes ne cessent de tergiverser sur la forme de notre galaxie.



→ d'étoiles, ces régions ultralumineuses qui confèrent aux galaxies leur structure apparente. Un premier modèle en découle: il dote la nôtre de deux bras... Mais suit, dans les années 1970, un fastidieux travail de mesures indirectes de la distance de ces nuages. Au laboratoire d'astrophysique de Marseille, les astronomes Yvon et Yvonne Georgelin dévoilent enfin le visage familier d'une Voie lactée à quatre bras. Ils ont même des noms: Persée, le Centaure, la Règle et le Sagittaire. La Terre trouve sa place entre deux d'entre eux, dans une sous-structure mineure, l'éperon d'Orion. A l'époque, l'image s'impose à tel point qu'on en oublie qu'il ne s'agit pas d'une photo... mais d'une vue de l'esprit, d'une conclusion scientifique sujette à débat.

UNE VUE LIMITÉE, EN DEUX DIMENSIONS

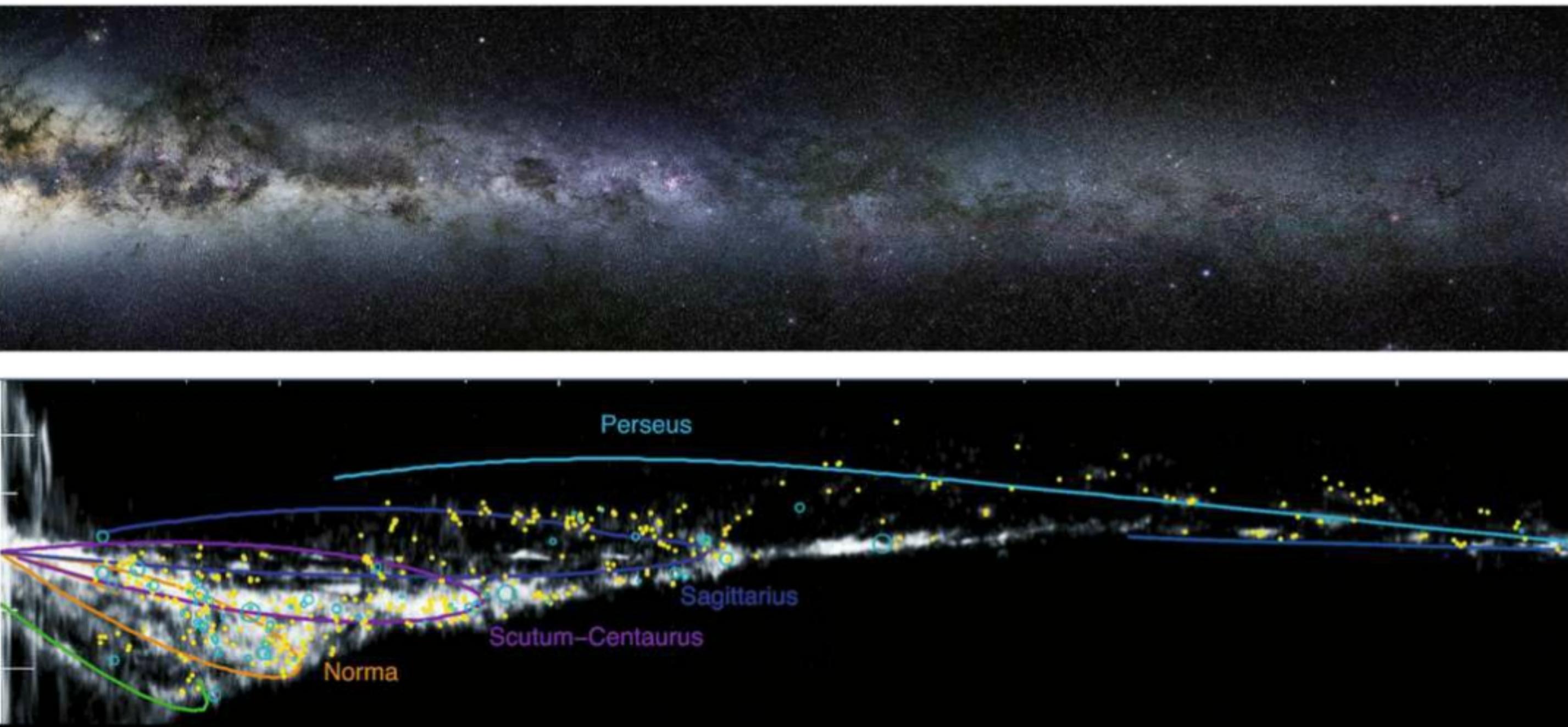
Car il ne faut pas l'oublier, la seule vue de la galaxie dont disposent les astronomes est la coulée laiteuse qui lui a donné son nom. Vision qui traduit une implacable réalité: nous sommes condamnés à observer notre galaxie de l'intérieur. C'est si vrai qu'à l'exception de la sonde *Voyager 1*, aucun artefact humain n'a jamais ne serait-ce que franchi la frontière du système solaire, à quelque 18 milliards de kilomètres de notre étoile. Alors que le disque galactique s'étend sur... 800 millions de milliards de kilomètres! "C'est comme si nous devions dessiner le plan d'une ville sans avoir accès à une

▲ D'après les dernières mesures effectuées sur 1600 étoiles (points jaunes et bleus), la Voie lactée semble dérouler 4 tentacules lumineux: Persée, le Centaure, la Règle (Norma) et le Sagittaire.

vision du dessus", compare Delphine Russeil, au laboratoire d'astrophysique de Marseille. Dans le ciel, toutes les étoiles de la Voie lactée apparaissent de plus sur le même plan. Raison pour laquelle avoir une vision en 3D de notre résidence galactique relève de la gageure.

Et cela devient même un véritable casse-tête lorsque Robert Benjamin, à l'université du Wisconsin à Madison (Etats-Unis), propose en 2008 une approche alternative. Plutôt que de s'intéresser aux régions riches en étoiles jeunes, il passe au crible des millions de clichés pris par le télescope spatial *Spitzer*, à la recherche des étoiles anciennes de la galaxie, nettement moins brillantes, mais beaucoup plus nombreuses. Sa découverte est inattendue: si les bras de Persée et du Centaure abritent bien une multitude d'étoiles, les deux autres semblent désespérément vides. Ce qui suggère que la Voie lactée n'aurait, en définitive, que deux tentacules.

Pour en avoir le cœur net, une équipe internationale vient donc de mobiliser des radiotélescopes en Australie, aux Etats-Unis et en Chine. Objectif: mesurer précisément la distance qui nous sépare de 1600 étoiles jeunes et massives, parmi les plus brillantes. Comme le résume Melvin Hoare, qui a participé à l'étude à l'université de Leeds (Angleterre), cet échantillon colossal "réaffirme la structure en quatre bras spiraux des régions de formation d'étoiles de notre galaxie". Et finit de semer la confusion



dans nos esprits, tant nous sommes persuadés que la Voie lactée ne peut pas avoir quatre bras en même temps qu'elle en aurait deux.

Et pourtant... “*A la question de savoir si notre galaxie possède deux ou quatre bras, la réponse est désormais : les deux à la fois !*”, confirme l'astronome. Robert Benjamin explique : “*Si l'on s'intéresse aux régions très lumineuses, peuplées d'étoiles jeunes et massives, il en résulte que la galaxie possède quatre bras. A l'inverse, si l'on regarde les régions riches en étoiles plus anciennes et plus sombres, on conclut à deux bras.*” Ainsi, au-delà de ce qui pouvait

apparaître comme une contradiction manifeste, un consensus semble se dégager : la majorité des étoiles de la Voie lactée, les plus anciennes, se concentrent dans deux spirales – les bras de Persée et du Centaure. Leur masse énorme entraîne la galaxie dans un mouvement de rotation qui la disperse en quatre longs tentacules lumineux : deux qui se superposent à Persée et au Centaure, et deux bras indépendants – La Règle et le Sagittaire. Des observations confirmées par les simulations numériques. “*Lorsque la galaxie évolue, on voit les étoiles anciennes s'organiser en deux bras, tandis que les poches de gaz où naissent les étoiles massives se structurent en quatre bras*”, détaille Françoise Combes.

Pour autant, les astronomes restent prudents. Pour assembler définitivement toutes les pièces du puzzle, il faudra attendre les observations du satellite *Gaia*. Lancé le 19 décembre dernier, il doit notamment s'atteler ces prochaines années au relevé précis de la position et de la vitesse d'environ un milliard d'étoiles... La cartographie ultime, en quelque sorte, qui donnera enfin sa forme définitive à la maison de la Terre. De quoi commencer à décrire en détail le complexe ballet gravitationnel de ses constituants, étoiles, gaz, poussières... jusqu'à sa partie invisible (voir encadré). En attendant, libre aux Terriens d'imaginer la double ou la quadruple spirale cachée derrière la paisible traînée laiteuse qui barre le ciel nocturne.

95 % DU CONTENU DE NOTRE GALAXIE RESTE UNE ENIGME

Si la structure de la galaxie est bien mystérieuse, son contenu n'offre pas plus de réponses... Des étoiles petites ou grosses, jeunes ou vieilles, du gaz, des poussières, certes. Mais aussi une ahurissante quantité de matière qui, pour l'heure, échappe à toute tentative de détection. Il s'agit en partie de cette fameuse matière noire, six fois plus abondante que la matière ordinaire dans

l'Univers, dont la nature constitue l'une des plus grandes énigmes de la physique. Mais pas seulement. Car les astrophysiciens sont aujourd'hui persuadés que la Voie lactée contient cinq fois plus de matière ordinaire invisible que visible, probablement sous forme de gaz. Si bien qu'au total, les spécialistes connaissent moins de 5 % du contenu de notre galaxie !

LE POINT SUR...



40 ANS APRÈS LE PROGRAMME MESSMER...

QUEL AVENIR POUR
**LE NUCLÉAIRE
FRANÇAIS ?**

PAR EMMANUEL MONNIER



En 1974, la France se lançait à marche forcée dans un vaste programme nucléaire. Objectif: s'affranchir du pétrole. Aujourd'hui, fort de 58 réacteurs, le pays est à la tête du deuxième parc mondial. Mais le tout nucléaire a ses limites: vétusté, sécurité... Quarante ans après le plan Messmer, de nouveaux choix s'imposent.

6 MARS 1974
"NOUS LANÇONS
13 CENTRALES
NUCLÉAIRES!"

P. 110

PRODUCTION
UN PARC GÉANT
MAIS VIEILLISSANT

P. 112

TECHNOLOGIE
LES 5 DÉFIS D'EDF
POUR ASSURER
L'AVENIR

P. 114

POLITIQUE
LA FRANCE FACE
À UN PARADOXE
ÉNERGÉTIQUE

P. 116



▲ Premier ministre de Georges Pompidou, Pierre Messmer pilota le brutal virage énergétique français.

6 MARS 1974 "NOUS LANÇONS 13 CENTRALES NUCLÉAIRES"

Pierre Messmer s'adresse aux Français : pour faire face à la crise pétrolière, le gouvernement engage le pays dans un programme nucléaire sans précédent.

"Nous avons pris la décision de réaliser, en 1974 et 1975, le lancement de 13 centrales nucléaires, de 1000 mégawatts chacune..." C'est avec le ton solennel qui sied à l'ORTF que, ce 6 mars 1974, le Premier ministre Pierre Messmer présente aux téléspectateurs français le virage brutal que la France vient de prendre dans sa politique énergétique. *"La priorité, nous la donnons à l'électricité, et dans l'électricité, nous la donnons à l'électricité nucléaire"*, explique-t-il. Son gouvernement voit grand : le "plan Messmer", décidé la veille en petit comité interministériel, sous l'autorité du président Georges Pompidou, prévoit d'ériger, en vingt ans, pas moins de 80 réacteurs !

Pourquoi une telle démesure ? L'énergie nucléaire n'est plus une nouveauté pour EDF. Dans le sillage du programme militaire, le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) avait développé une filière de réacteurs civils dite UNGG (Uranium Naturel-Graphite-Gaz) pour produire de l'électricité et – surtout – du plutonium destiné à l'arme atomique. Elle devait aussi alimenter la future génération de surgénérateurs qui fourniraient, à terme, une énergie quasiment inépuisable.

En 1974, EDF exploite donc déjà, depuis quelques années, une poignée de réacteurs UNGG de quelques centaines de mégawatts chacun, tout en exprimant une vive préférence pour une autre filière – américaine – dite à eau pressurisée, aux perspectives économiques plus prometteuses. Un choix validé en 1969 par le président de la République, et qui avait provoqué la fureur du CEA.

VERS L'INDÉPENDANCE ÉNERGÉTIQUE

En 1970, un projet de grand réacteur à eau pressurisée avait donc été lancé à Fessenheim. Puis deux autres, en 1972, dans le Bugey. Mais les prix toujours plus bas du fuel ôtaient à l'électricité nucléaire tout intérêt économique. Pour EDF, il s'agissait donc plus d'une "gymnastique au cas où",

comme l'affirmeront ses dirigeants, que d'une réelle priorité.

L'embargo sur le pétrole, décidé fin 1973 par l'Organisation des pays exportateurs de pétrole (Opep), a bouleversé la donne : le prix du baril a quadruplé en quelques mois. La France est aux abois. Sa politique du tout pétrole n'est plus tenable. Par quoi la remplacer ? L'électricité nucléaire, devenue subitement près de deux fois moins chère que celle des centrales au fuel, devient la clé de voûte d'un programme ambitieux : retrouver une indépendance. *"Combien EDF peut-il construire de centrales nucléaires chaque année?"*, s'enquiert par téléphone un membre du gouvernement auprès du directeur de l'entreprise publique. Quelques jours plus tard, le 5 mars, c'est finalement 6 à 7 réacteurs par an que Pierre Messmer exige, comptant sur une forte standardisation pour tenir la cadence, tout en limitant les coûts. Un chantier pharaonique. Objectif : doubler la consommation d'énergie par habitant à l'horizon 2000 et rattraper, ainsi, le retard pris sur les Etats-Unis. Et tant pis s'il faut, pour y parvenir, imaginer une France couverte de 170 réacteurs, dont un quart de surgénérateurs. Au final, 58 seront construits, qui produisent aujourd'hui les trois quarts de l'électricité française.

Le virage est brutal : la France prévoit de construire 6 à 7 réacteurs par an.





► L'embargo de 1973 fait quadrupler le prix du baril : la politique du tout pétrole n'est plus tenable (en bas). Georges Pompidou (au centre à dr.) décide alors de faire basculer le pays vers l'électricité nucléaire. C'est son Premier ministre, Pierre Messmer (en haut), qui l'annonce officiellement le 6 mars 1974 à l'ORTF.



► L'option du réacteur à eau pressurisée a été retenue depuis 1970 pour le site de Fessenheim.



PRODUCTION UN PARC GÉANT MAIS VIEILLISSANT

Notre électricité provient à près de 80 % du nucléaire, et la France en est, avec 58 réacteurs, le premier exportateur mondial. Mais nombre de ses centrales entrent aujourd’hui en fin de vie...

Toujours plus de réacteurs...

15 décembre 1948 Le CEA, créé en 1945, fait fonctionner une première “pile atomique” à eau lourde, ZOE.

1956-1960 Réalisation, à Marcoule (Gard), de trois réacteurs expérimentaux de type Uranium Naturel-Graphite-Gaz (UNGG).

1963 EDF lance la construction de 6 réacteurs UNGG de 70 à 540 MW.

1970 Mise en service, à Chooz (Ardennes), de la première centrale française à eau légère pressurisée, filière destinée à remplacer la technologie UNGG.

1973 Mise en service, à Marcoule (Gard), du prototype Phénix de réacteur à neutrons rapides.

6 mars 1974 Le Premier ministre Pierre Messmer lance un vaste programme de construction de 13 tranches de 900 MW.

1976 Le gouvernement décide de construire Superphénix, un réacteur surgénérateur de 1200 MW, sur le site de Creys-Malville (Isère).

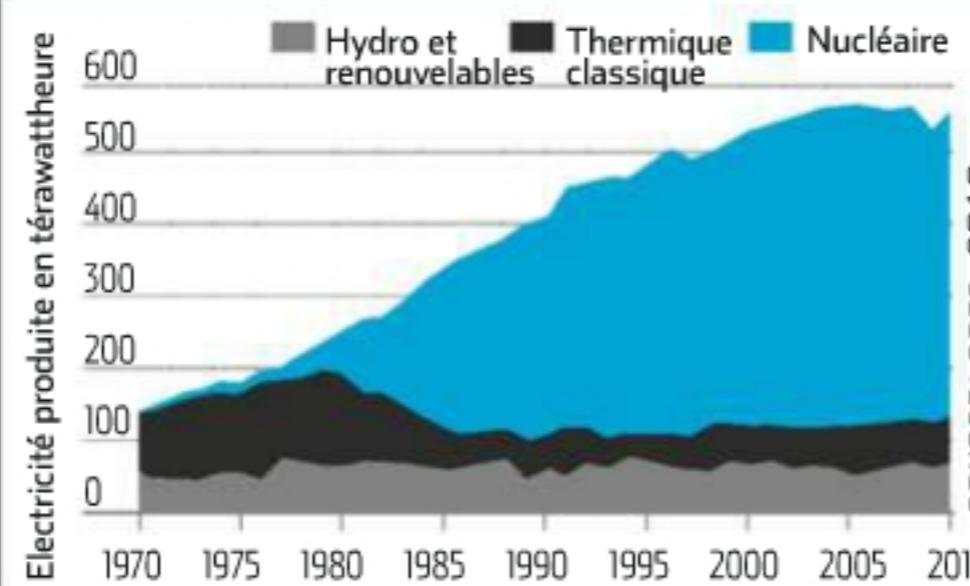
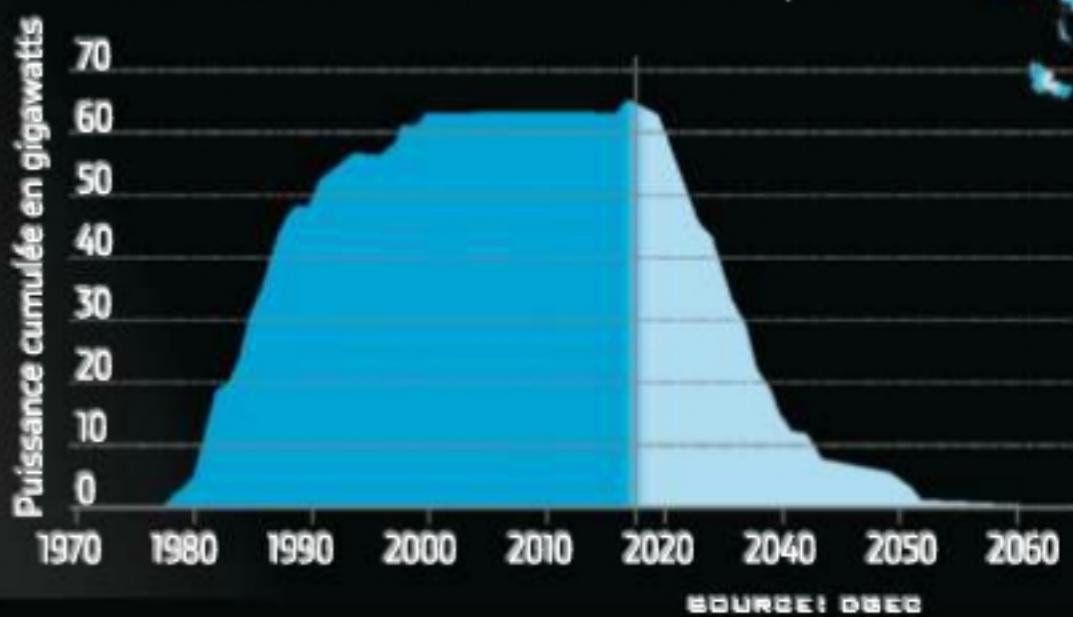
1977-1999 Mise en exploitation des 58 réacteurs actuels.

8 février 2012 Le conseil de politique nucléaire demande à prolonger la durée d’exploitation des centrales françaises au-delà de quarante ans.

... mais dangereusement concentrés dans le temps

La quasi-totalité de la puissance électronucléaire française a été installée en vingt ans à peine, entre 1980 et 2000. D'où, quarante ans plus tard, un dangereux “effet de falaise” : en l’absence de nouvelles centrales, une chute brutale de la puissance disponible devrait survenir entre 2020 et 2040, si la durée de vie des réacteurs actuels (40 ans) n'est pas prolongée.

Evolution du parc nucléaire français



Une production d'électricité dominée par le nucléaire...

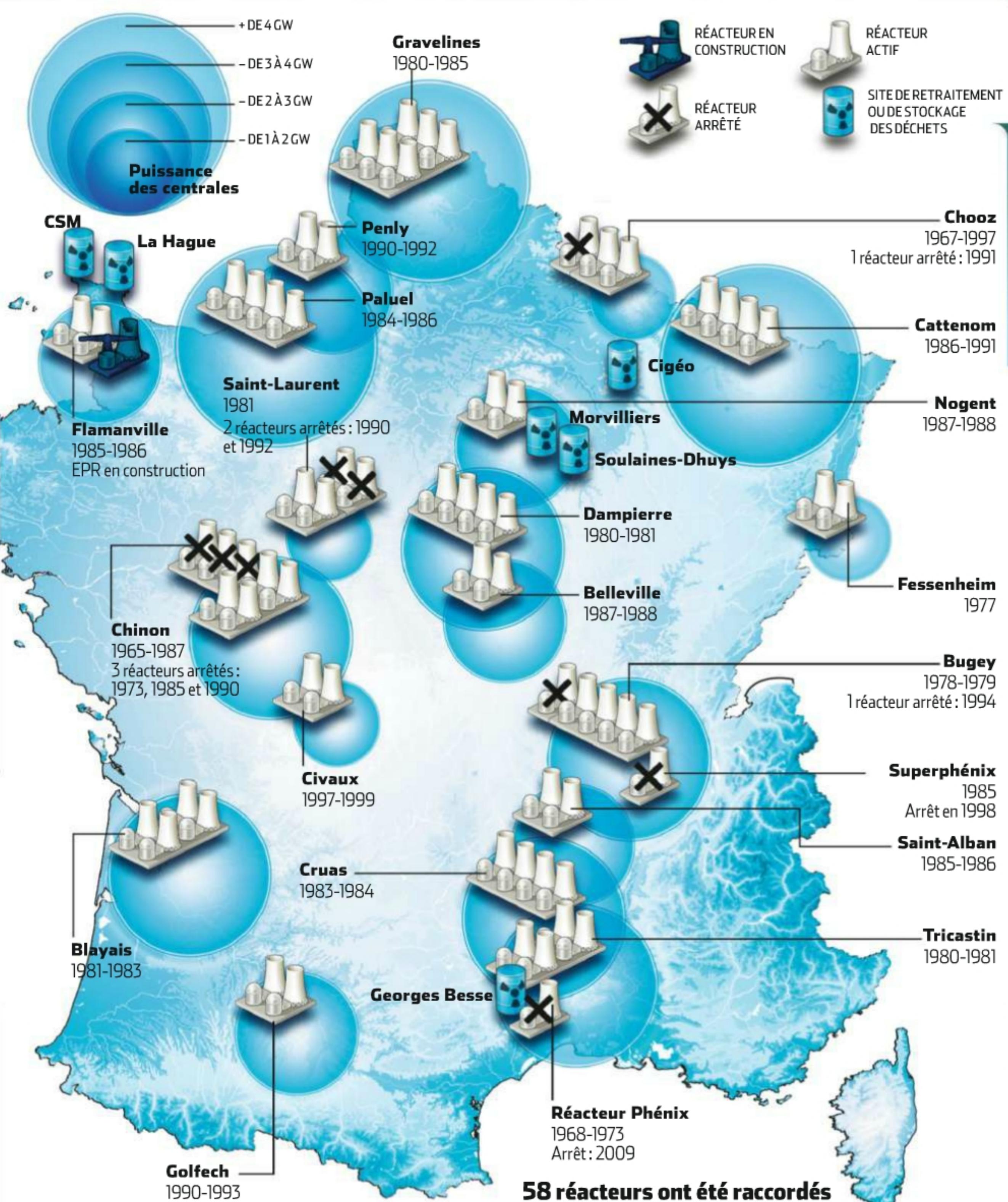
Plus des trois quarts de l'électricité française sont aujourd’hui issus du nucléaire, soit environ 400 milliards de kWh sur un total d'un peu plus de 550 milliards. La consommation totale des Français étant de 500 milliards environ, il reste un solde net d'environ 50 milliards de kWh (56 milliards en 2011), qui fait de la France le premier exportateur d'électricité au monde.

... qui fait du parc français le deuxième au monde

Le parc nucléaire français est singulier dans le monde tant par son importance (il est le deuxième, en puissance installée, derrière celui des Etats-Unis), que par la place qu'il occupe dans le mix national : avec presque 80 % d'électricité d'origine nucléaire, le ratio français se situe loin devant celui des autres pays, et très loin de la moyenne mondiale cantonnée autour de 11 %.

Pays producteurs d'électricité nucléaire





58 réacteurs ont été raccordés au réseau entre 1977 et 1999

EDF exploite aujourd'hui 58 réacteurs à eau pressurisée (REP), d'une puissance totale de 63 000 MW, répartis sur 19 sites.

TECHNOLOGIE LES 5 DÉFIS D'EDF POUR ASSURER L'AVENIR

Sécurité, déchets, démantèlement, relève...

Pour prouver qu'elle est encore une solution d'avenir, la filière nucléaire doit relever cinq défis techniques et financiers. Etat des lieux.



1

Prolonger les réacteurs

Construits surtout à partir des années 1970-1980, nos réacteurs devaient, à l'origine, durer quarante ans. Les prolonger pose donc des problèmes. Ainsi l'acier des cuves : fragile en dessous de -20 °C et ductile au-dessus (il s'étire sans se rompre), il voit, après 40 ans, sa température de transition grimper jusqu'à 80 °C sous l'effet des radiations. Sans compter qu'EDF, en adaptant la puissance des réacteurs à la consommation, le fatigue d'autant par des variations de température et

de pression. L'acier pouvant alors se rompre à partir d'un microdéfaut, il faut guetter la moindre fissure. Autres difficultés : la corrosion des canalisations qui transportent une eau à 300 °C sous 150 fois la pression atmosphérique ; l'obsolescence de l'électronique et l'approvisionnement en pièces détachées pour des systèmes vieux de 30 ans ; la perte de savoir-faire et le recours massif à la sous-traitance qui compliquent les réparations, les ouvriers n'ayant plus la mémoire du site.

2

Démanteler les vieilles centrales

Lorsqu'on ferme une centrale, la radioactivité rend les travaux de réhabilitation du site très difficiles. Au point qu'aucune n'a encore été complètement démantelée. Attendre une cinquantaine d'années permettrait de diminuer la radioactivité et d'opérer dans de meilleures conditions. Mais – question d'image – EDF entend démontrer qu'il maîtrise tout le cycle, et a donc choisi, dans les années 2000, de déconstruire sans attendre ses 8 centrales de première génération, ainsi que Superphénix. La standardisation du parc devrait, en théorie, faciliter les choses. Sauf que chaque réacteur a, dans les faits, une histoire différente. Chaque chantier est donc unique. Et engendre une montagne de déchets. Pour éviter toute dispersion de poussières ou de boues contaminées, il faut délimiter très précisément les zones radioactives. Le personnel doit être protégé et respecter des protocoles drastiques ; quant au démontage du réacteur et des bâtiments qui l'abritent, il sera confié à des robots. Coût final de tels chantiers ? Pendant longtemps, EDF l'a estimé à 10 ou 15 % du prix de construction de la centrale. Mais les démantèlements de Chooz et Brennilis – les plus avancés – coûtent déjà beaucoup plus cher.

3

Stocker les déchets

Que faire du combustible usé et autres déchets hautement radioactifs durant plusieurs milliers d'années ? La loi prévoit de les enfouir, à partir de 2025, sous près de 500 m de roche. Un site expérimental, le Laboratoire souterrain de stockage creusé à Bure, dans la Meuse, dans une couche d'argile imperméable devrait, à terme, devenir le centre effectif de stockage puisqu'aucun autre n'est à l'étude. Néanmoins, nombre d'inconnues demeurent. La roche restera-t-elle stable pendant plusieurs millénaires ?

Quelle est la probabilité qu'un séisme se produise ? Et quelles seraient ses conséquences ? La réalisation concrète du site se révèle elle-même complexe. La loi exige en effet que ces déchets puissent être récupérés pendant cent ans. On ne peut donc pas sceller définitivement les alvéoles ; il faut pouvoir en surveiller le contenu. Mais comment, puisque, pour éviter toute dispersion de radioactivité, elles doivent être fermées hermétiquement ? D'autre part, par 500 mètres de profondeur, coups de grisou et



incendies sont la hantise des mineurs. La ventilation doit donc être très performante et il faut multiplier les systèmes de protection, éviter les entrées d'air qui altèrent la roche, et surtout les ruissellements d'eau. Résultat : de 15 milliards d'euros, le devis est déjà passé à 35 milliards.

4

Prévoir l'"improbable"

Comment garantir qu'aucun accident majeur ne surviendra ? Des hypothèses, comme la perte simultanée de l'approvisionnement en électricité et celle du fluide de refroidissement du réacteur, jugées trop improbables, ont toujours été écartées. C'est pourtant ce qui s'est passé à Fukushima, où elles se sont doublées de la perte de contrôle de plusieurs réacteurs. Si l'EPR divise par dix le risque d'emballement grâce à quatre systèmes de sécurité indépendants, et empêche le cœur fondu de traverser le plancher, d'autres centrales plus anciennes seraient

vulnérables en cas de séisme et d'inondation. Notamment les réacteurs de Fessenheim, situés 9 m en dessous du niveau du cours d'eau de refroidissement. Idem au Blayais, dont les digues de protection n'ont pas empêché la Gironde d'envahir le site lors de la tempête de 1999. Les moyens de lutte fonctionneront-ils en cas d'accident ? Les bâtiments de sécurité n'étant pas toujours aux normes sismiques, l'ASN a exigé un "noyau dur" de dispositifs permettant de garder quoi qu'il arrive le contrôle des fonctions fondamentales.



5

Préparer la relève

Au début des années 2000, 6 concepts de 4^e génération ont été retenus. Les deux premiers, développés par Areva et le CEA, sont à "neutrons rapides", comme Superphénix. Réagissant moins bien avec l'uranium, ils obligent à utiliser du plutonium, qu'ils ont l'avantage de produire eux-mêmes à partir d'uranium. L'un utilise du sodium liquide pour récolter la chaleur (un prototype, ASTRID, est déjà en développement) ; l'autre de l'hélium sous pression à haute température. Ce dernier offre de meilleurs rendements, tout en étant moins dangereux que le sodium... qu'un 3^e projet prévoit de remplacer par du plomb liquide. Utilisant des neutrons ralentis (comme les réacteurs actuels), deux concepts remplacent l'eau pressurisée par de l'eau supercritique (température et pression plus élevées), ou de l'hélium à très haute température (qui produit en cogénération de l'hydrogène). Enfin : le thorium pourrait être utilisé comme combustible (les réserves sont immenses), en solution dans des sels fondus qui récupèrent sa chaleur... Eliminant tout risque d'emballement.

POLITIQUE LA FRANCE FACE À UN PARADOXE ÉNERGÉTIQUE

Une pénurie d'électricité menacerait dès 2016 ! Ce paradoxe place l'Etat dos au mur, alors qu'il s'est déjà engagé à réduire sa dépendance au nucléaire.

Quarante ans après le premier, un nouveau plan Messmer est-il aujourd'hui nécessaire ? Alors que les centrales construites dans la foulée du programme pompidolien étaient conçues pour durer quarante ans, les échéances placent l'Etat devant un choix épineux : prolonger, remplacer ou arrêter les réacteurs français ? Le débat ayant pris une tournure plus passionnelle après l'accident de Fukushima, le gouvernement a, en 2011, ordonné des tests de sécurité tenant compte de conditions extrêmes, et l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a exigé quelques aménagements. Depuis ? Rien. La patrie du nucléaire a absorbé l'onde de choc. Le pas de deux autour de la fermeture annoncée pour fin 2016 de la centrale de Fessenheim en témoigne : promise lors de l'élection de François Hollande, rappelée à plusieurs reprises, elle ne s'engage qu'à pas mesurés, la France semblant décidée à continuer l'aventure nucléaire.

Le cap du gouvernement Ayrault paraît pourtant clair : ramener la proportion d'électricité nucléaire à 50 % en 2025 (contre près de 80 % aujourd'hui). Cela signifie-t-il que les jours des centrales les plus anciennes sont comptés ? Pas sûr. Comme l'expliquait l'été dernier dans *Le Monde* Henri Proglio, PDG

d'EDF, l'augmentation de la consommation d'électricité, liée à celle de la population française, devrait, dans les années à venir, être telle que le parc nucléaire actuel, complété de l'EPR en travaux à Flamanville, couvrira justement en 2025 la moitié des besoins. L'objectif du gouvernement serait donc atteint sans toucher au parc actuel.

LA TENTATION DU STATU QUO

Du côté des organisations favorables à une sortie du nucléaire, le calcul est différent. L'association d'experts Global Chance relève ainsi que la France a pris l'engagement européen de baisser sa consommation d'énergie finale (c'est-à-dire disponible pour le consommateur) de 20 % en 2020 par rapport à ce qu'elle serait sans mesure spécifique : soit une baisse nette de 15 % de notre consommation d'électricité en dix ans. Or ce scénario exigerait, pour ramener la part du nucléaire à 50 %, de fermer une trentaine de réacteurs. D'autant que la France a également annoncé, lors de la conférence environnementale de septembre 2013, vouloir réduire de moitié sa consommation d'énergie finale en 2050 par rapport à celle de 2012 ! Alors, combien de réacteurs seront arrêtés ? Si le projet de loi sur la transition énergétique n'est pas encore rédigé, François

Hollande a rappelé lors de la conférence environnementale qu'il devrait se borner à poser "*le principe d'un plafonnement à son niveau actuel de notre capacité de production nucléaire*". Autrement dit : l'arrêt des deux réacteurs de Fessenheim contre la mise en service de l'EPR de Flamanville.

Une position qui devrait satisfaire EDF, qui souhaite prolonger au maximum le parc actuel : sa construction étant amortie, toute année de fonctionnement supplémentaire représente des bénéfices substantiels... tant que l'ASN ne demande pas de mises à niveau trop coûteuses. EDF s'active donc à boucler son "grand carénage", un plan d'investissements de 55 milliards d'euros d'ici à 2025 visant à améliorer la sûreté des centrales et à porter leur durée de vie à soixante ans. Leur prolongation →



▲ Faut-il construire de nouveaux réacteurs, comme l'EPR de Flamanville...



▲ ... ou commencer à sortir du nucléaire en privilégiant les énergies renouvelables, des technologies plus sobres et autres économies d'énergies ?



▲ Des choix s'imposent, alors que des pics de consommation font planer un risque de pénurie (ici, la salle de contrôle du Réseau de transport d'électricité).

→ à cinquante ans étant, sauf défaut de sûreté majeur, largement sur des rails. Ce qui permettrait à EDF de produire une électricité dont la Cour des comptes a estimé, en janvier 2012, le coût à 50 € le MWh, contre 55 à 70 € pour les cycles combinés à gaz, 80 € pour l'éolien terrestre et plus de 200 € pour le photovoltaïque. Un chiffre que les opposants au nucléaire contestent.

Selon eux, ce calcul ne tient compte ni du coût des recherches en amont (évalué par Global Chance à 14 €/MWh), ni des surcoûts pour mettre à niveau la sûreté des réacteurs après Fukushima (environ 5 €/MWh), ni ceux qu'entraîneront le démantèlement et la gestion future des déchets, dont les devis, pour une large part inconnus, ne cessent de grimper. Sans compter le coût qu'aurait en France un accident grave, estimé en 2013 par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire à plus de... 400 milliards d'euros ! Avec un scénario cauchemar toujours possible pour EDF : la découverte d'un défaut "générique" sur l'ensemble des centrales. L'ASN a rappelé dans son avis du 16 mai 2013 que la France doit disposer de marges suffisantes pour faire face à la nécessité de suspendre simultanément le fonctionnement de plusieurs réacteurs qui présenteraient un défaut générique grave. "Les prolonger ne résout rien si, entre-temps, on ne prévoit rien. Construire un réacteur ne se fait pas en un an",

rappelle Monique Sené, présidente du Groupement des scientifiques pour l'information sur l'énergie nucléaire, auteur d'un ouvrage sans concession sur la sûreté du parc nucléaire français. Des choix s'imposent donc. Et sans tarder.

UN PARC NUCLÉAIRE TROP RIGIDE

Construire de nouveaux EPR ? Celui de Flamanville accumule les déboires et sa facture s'élève déjà à 8,5 milliards d'euros (contre les 3,3 milliards prévus). Le MWh fourni pourrait coûter entre 70 et 90 €. Quant au MWh produit par l'EPR qu'EDF construit en Grande-Bretagne, son tarif a déjà été négocié à 92,50 £ (109 €). Et à ces tarifs-là, rappelle l'économiste Benjamin Dessus, président de Global Chance, les énergies renouvelables sont compétitives.

Alors, faut-il attendre les réacteurs de 4^e génération ? Les plus optimistes n'espèrent pas de mises en service avant 2040. Faut-il, en attendant, construire de nouvelles centrales à gaz, mobilisables en une vingtaine de minutes lors d'un pic de consommation ? Car rappelons que le choix du "tout électrique, tout nucléaire" a conduit à un paradoxe. Incités à s'équiper de convecteurs, les foyers français provoquent des pics de consommation très prononcés l'hiver, alors que notre parc nucléaire a été taillé pour produire une puissance constante. Résultat ? Chaque hiver, en début de soirée, le réseau flirte avec le

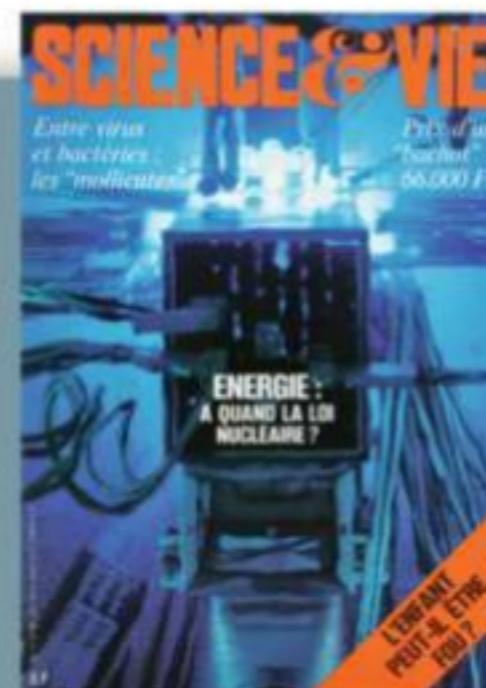
blackout, comme ce 8 février 2012 à 19 h, marqué par un record historique de 102 100 MW, contre une moyenne de 50 000 MW l'été. Si les centrales à gaz fournissent alors un supplément bien-venu, les faire fonctionner quelques jours par an et quelques heures par jour n'est pas rentable. Leurs opérateurs préfèrent les fermer en attendant des jours meilleurs. Et ce, alors qu'on prévoit des pénuries lors des pics hivernaux dès 2016 ! Deuxième paradoxe qui voit la France, un des plus gros exportateurs mondiaux d'électricité, contrainte d'en importer chaque hiver. De nombreux experts estiment donc que le pays devrait renforcer ses capacités à importer de l'électricité des pays voisins et réaliser des économies : en abandonnant avant tout les convecteurs, en investissant dans l'isolation des bâtiments, la conception d'appareils plus sobres et le développement des *smart grids*, ces réseaux intelligents qui adaptent instantanément la production à la consommation de chaque foyer.

Si, aujourd'hui, l'avenir du parc nucléaire français ne semble contraint ni par des impératifs économiques (le prolonger, le remplacer en partie par des EPR ou sortir du nucléaire sont économiquement possibles), ni techniques (les trois sont techniquement réalisables), quarante ans après le lancement du plan Messmer, toute décision reste bien, éminemment, politique. ■

DANS SCIENCE & VIE

Une exception française... Depuis quarante ans, *Science & Vie* n'a de cesse d'interroger ce choix total de l'Hexagone pour le nucléaire. Quelques jours après l'annonce du plan Messmer, sous le bandeau "Energie : la folie atomique", notre revue (avril 1974) exposait les risques de cette forme d'énergie et sa "matière mortelle". Tout en s'interrogeant sur la technolo-

gie de réacteur adoptée : "Voici pourquoi les Français ont choisi le moins sûr : c'est le moins cher". Avant de soulever, au mois de décembre 1974, les impasses énergétiques du "tout atome". Dans la France post-Tchernobyl, ces doutes prendront encore une autre dimension : "L'indépendance énergétique au prix de l'insécurité" (novembre 1990) ou encore "Nuclé-



aire : Il n'y a que la France pour y croire encore !" (septembre 1991). Car dans le monde entier, cette énergie est devenue embarrassante. De fait, "Comment

démanteler sans risque les centrales arrêtées ?" (n° 1037 de février 2004) "Que faire des déchets nucléaires ?" (n° 1070 de novembre 2006). Après la catastrophe de Fukushima, *Science & Vie* continuera de remettre en question le choix de la filière nucléaire tricolore (n° 1130 de novembre 2011). Un autre nucléaire – plus sûr, plus propre... – était possible.

EN PRATIQUE

120

BON À SAVOIR

En direct des publications scientifiques et autres rapports et études.

122

ZOOM DU MOIS

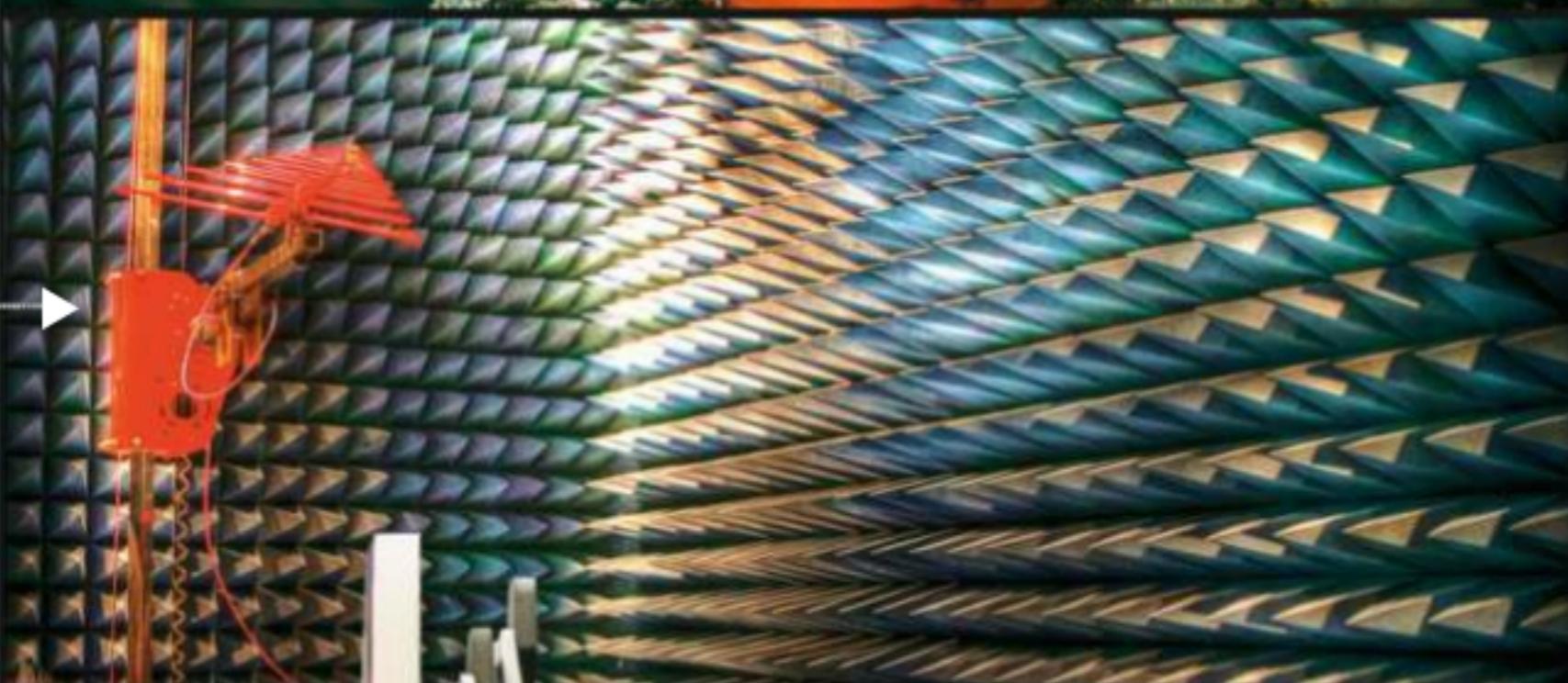
Pesticides, engrais, arrosage...

10 conseils de science pour mieux jardiner

**128**

QUESTIONS/RÉPONSES

Envoyez-nous vos questions et gagnez un abonnement d'un an à *Science & Vie*.

**134**

TECHNOFOLIES

Passé autour du cou, voici l'airbag à vélo; la voiture à monter soi-même, etc.

**140**

LE CIEL DU MOIS

BON À SAVOIR

**LES ENFANTS,
ATTENTION
AUX REPTILES!**

En France, en 2012, 41 enfants ont souffert d'une infection aux salmonelles, potentiellement grave. Pour un tiers d'entre eux, elle était due à un contact, même indirect, avec des reptiles, surtout des tortues, très présentes dans les foyers. "BEH", jan. 2014

**LA NUIT PORTE
BIEN CONSEIL**

Après une pause d'une heure et demie, des joueurs ont tenté d'aller au bout d'un jeu vidéo mettant à l'épreuve leur logique, et dont la solution leur résistait jusque-là. Résultat : ceux qui avaient dormi pendant l'intervalle ont eu deux fois plus de succès. "PLoS One", jan. 2014

**BOIRE DU CAFÉ
RENFORCE
LA MÉMOIRE**

Vingt-quatre heures après avoir visionné des images, les participants d'une étude américaine s'en souvenaient mieux s'ils avaient, avant l'épreuve de mémorisation, bu deux tasses de café. "Nat. Neurosci.", jan. 2014

**BAISSER LE CHAUFFAGE
AIDE À GARDER LA LIGNE**

D'après des chercheurs néerlandais, une exposition, plusieurs heures par jour, à un froid modéré (équivalent à 18-19 °C) pourrait suffire à brûler des graisses. A cette température, en effet, la consommation d'aliments ne compenserait pas entièrement l'énergie supplémentaire dépensée par l'organisme pour maintenir sa propre température. De plus, des études ont montré que le corps était capable de s'acclimater progressivement, en produisant davantage de chaleur : autrement dit, au fur et à mesure, on ressent moins le froid, tandis que le corps dépense plus d'énergie. "Trends Endocrin. Met.", janvier 2014

**LES PARIEURS SE
CROIENT TROP MALINS**

Poker, courses de chevaux, paris sportifs... Si ces jeux sont particulièrement excitants, c'est qu'ils font appel à la fois à la réflexion et au hasard. Mais leur part rationnelle serait surestimée, d'après des chercheurs australiens, qui ont analysé les historiques de gains de turfistes. En effet, il est très rare qu'un parieur gagne tellement souvent que ce succès puisse être attribué à son expertise, et pas uniquement à la chance : dans la plupart des cas, des résultats positifs, même répétés, ne sont donc dus qu'au hasard. "J. Gambl. Stud.", nov. 2013





CHANGER DE COIFFURE NE PASSE JAMAIS INAPERÇU

Des chercheurs de l'université de Melbourne ont confirmé, par une série de tests, ce qui restait jusqu'à présent controversé: même quand nous sommes incapables d'identifier précisément ce qui a changé chez quelqu'un, par exemple son passage chez le coiffeur ou le barbier, nous pouvons toujours détecter l'existence d'une nouveauté. Si le héros de *La Moustache* l'avait su, le roman aurait probablement pris une tournure différente... Reste que l'incapacité à mettre des mots sur un changement est bien, d'après les chercheurs, signe d'un manque d'attention! "PLoS One", janvier 2014

LE THÉ VERT INHIBE UN HYPOTENSEUR

Selon une étude japonaise, le thé vert empêche jusqu'à 76 % du nadolol, médicament contre l'hypertension, de passer de l'intestin aux vaisseaux sanguins, ce qui réduit son efficacité. Cet effet pourrait concerner d'autres hypotenseurs. "Clin. Pharmacol. Ther.", janvier 2014

LES ENFANTS NE FONT PAS LE BONHEUR

Les adultes avec ou sans enfants atteignent en moyenne le même niveau de bonheur. Cette conclusion d'une étude menée sur 1,8 million d'Américains serait vraie dans la plupart des pays développés, où devenir parent relève le plus souvent d'un choix. "PNAS", jan. 2014

ON ARRÊTE MIEUX LE TABAC SI ON NE BOIT PAS

Pendant un an, des chercheurs californiens ont suivi 300 personnes désirant arrêter la cigarette. Conclusion: boire entraînerait un risque plus élevé de se remettre à fumer dans les jours suivant la consommation d'alcool. "Addict. Behav.", mars 2014

VIVE LES BALADES... À LA CAMPAGNE

Marcher et pédaler, c'est bon pour la santé, mais c'est mieux à la campagne. Une étude menée sur 70 Coréennes de plus de 60 ans montre qu'une heure de balade en forêt a des effets bénéfiques sur les poumons et les artères, quand une heure en ville n'apporte aucun changement. A Dublin, une autre étude a comparé la quantité de particules fines dans les poumons de 32 jeunes cyclistes, piétons et usagers des transports en commun. Résultat: les cyclistes sont ceux qui en inhalent le plus, suivis des piétons. Les passagers des bus et des trains sont relativement épargnés. "Eur. J. of Integr. Med.", oct. 2013, et "Sci. Total Environ.", jan. 2014





ZOOM DU MOIS

Par Kheira Bettayeb

Pesticides, engrais, arrosage...

10 conseils de science pour mieux jardiner

Pour nombre de Français, cultiver son jardin est devenu une passion. Mais attention, l'art de jardiner obéit à certaines règles, mises en évidence notamment à l'Inra. Notre guide pour éviter les erreurs les plus communes...

Urbains ou ruraux, les Français adorent jardiner! Selon une récente étude (UneP-Ipsos), 69 % ont un espace de jardinage – jardin, terrasse ou balcon! Et le nombre d'adeptes ne cesse de croître! Plus d'un potager sur quatre a aujourd'hui moins de 5 ans. Et dans de nombreuses grandes villes, on voit depuis une dizaine d'années fleurir des jardins "partagés", gérés par un groupe d'habitants. Il en existait 71 à Paris fin

2011, une dizaine de plus qu'en 2010. Et trois Français sur cinq seraient prêts à payer pour avoir un coin vert privatif.

LES 3 FLÉAUX DU JARDIN

Ne représentant pas moins de 17 millions de personnes, les jardiniers amateurs sont autant des hommes que des femmes (48 et 52 %). Plus des deux tiers ont plus 35 ans et la plupart sont actifs: seuls 38 % sont des retraités.

Ce qui justifie cet engouement pour la main verte? Cultiver son jardin est très largement perçu comme un moment de détente, faire pousser ses propres légumes procure joie et fierté.

C'est aussi une manière d'embellir et de mettre en valeur son habitat. Mais crise économique et vogue du bio obligent, la première motivation invoquée par les jardiniers amateurs est la volonté de maîtriser la qualité et l'origine de leurs aliments: il s'agit de manger sainement (66 %), tout en faisant des économies (39 %). Une intention traduite en actes: 42 % des jardiniers n'achètent aucun légume l'été!

Mais voilà: si pour un Français sur deux les jardins sont bons pour l'environnement, ce n'est, en réalité, pas toujours le cas. En cause, avant tout: l'usage parfois abusif de pesticides (désherbants, antifongiques, anti-pucerons, anti-limaces etc.) pouvant perturber la biodiversité en éliminant des insectes pollinisateurs et des auxiliaires utiles, en fragilisant la plante elle-même, en dégradant la qualité des



sols, en polluant l'eau et en contaminant les aliments.

Avec 62 700 tonnes utilisées en 2012, la France est le premier consommateur européen de pesticides, dont 95 % vont à l'agriculture. Les jardins privés accaparent les deux tiers des 5 % restants... Trop gourmands? Pour les autorités publiques, oui: depuis 2010, une campagne nationale (1) vise à sensibiliser les "jardiniers du dimanche".

Autre danger du jardinage pour l'environnement: l'arrosage irraisonné et le recours trop fréquent aux en-

Légumes et fruits du jardin, meilleurs pour la santé?

"Les risques d'intoxication [par des végétaux du jardin] sont faibles, voire inexistant, dans la plupart des cas", tranche Christophe Schwartz, spécialiste en sciences agronomiques à l'université de Lorraine. Mais des expertises conduites, notamment, par l'équipe de ce chercheur sur la qualité des sols, ont montré que certains jardins sont très pollués à cause de l'abus d'engrais et de pesticides, et des activités industrielles et urbaines. En moyenne, leurs teneurs en cadmium, plomb, cuivre... sont deux fois supérieures à celles des sols agricoles.



Les stars du potager

grais, destinés à apporter des compléments d'éléments nutritifs aux végétaux et à augmenter le rendement des cultures. Répandus en trop grande quantité, ils peuvent polluer cours d'eau et nappes phréatiques, et contribuer au réchauffement en émettant des gaz à effet de serre.

Comment utiliser moins, voire pas du tout, de pesticides ? Economiser l'eau ? Limiter les engrains ? Voici quelques conseils pour jardiner intelligemment.

(1) www.jardiner-autrement.fr

Selon une étude réalisée en 2010 sur des jardins partagés, la pomme de terre arrive en tête des 50 légumes les plus cultivés, avec en moyenne 100 kg produits par an, puis la tomate (53 kg), les poireaux (30 kg) et les haricots (24 kg). Viennent ensuite les salades et les courgettes.

Concernant ces 6 légumes, 72 % de jardiniers déclarent avoir des surplus ; 87 % les offrent à la famille, aux voisins et amis ; 77 % des jardiniers optent aussi pour la congélation. Les petits fruits (fraise, framboise...) connaissent un grand succès : 8 jardiniers sur 10 en produisent. 30 % des cueillettes sont des

fraises ; 30 %, des framboises ; 14 %, des mûres ; 13 %, des groseilles ; et 11 %, des cassis, raisins et myrtilles. Les fruits de plus grande taille présents dans les jardins sont, essentiellement, la rhubarbe et le melon, puis les pêches, les figues et les cerises (pour ces trois derniers, le jardin devant être capable d'accueillir des arbres dépassant facilement 2 m de haut). 72 % des jardiniers cultivent aussi des plantes aromatiques, avec une préférence pour le thym, la ciboulette, la menthe, le basilic et le persil. Enfin, 44 % plantent des fleurs, en majorité des fleurs à bulbes (dahlia, glaïeul, lis...) et des rosiers.



1 INTRODUISEZ DANS VOTRE JARDIN LES PRÉDATEURS NATURELS DES NUISIBLES

Les ravageurs de nos jardins ont des prédateurs naturels, ce que les professionnels appellent les "auxiliaires" : la coccinelle dévore les pucerons; le hérisson et la taupe sont les ennemis jurés des limaces et des larves d'insecte; la mésange ou le moineau font leur festin des pucerons, mouches, chenilles; la grenouille et le crapaud

affectionnent fourmis, coléoptères et limaces; les larves de syrphe (une espèce de mouche) ou de chrysope (un délicat insecte appelé aussi "demoiselle aux yeux d'or") sont précieuses contre les pucerons, chenilles et acariens... Comment s'adoindre ces alliés de poids ? En créant un environnement adapté à leurs

besoins : des massifs de fleurs pour les chrysopes, des haies pour les hérissons, un petit bassin pour les grenouilles... et pour tous un abri pour l'hiver (fagots, tas de feuilles...) afin qu'ils soient "d'attaque" dans le jardin dès le printemps, quand les ravageurs commencent à proliférer. Et pour les ménager, insecticides et pesticides

devront être limités : le diméthoate utilisé contre la mouche du fruit est ainsi toxique pour les punaises dévoreuses de pucerons, l'anti-acarien pyridabène décime aussi la coccinelle *Coccidophilus citricola*, prédatrice de la cochenille rouge... Les dommages "collatéraux" peuvent être nombreux. A noter que certains auxiliaires (coccinelle,



2 UTILISEZ DES RECETTES SIMPLES ET SURVEILLEZ VOS PLANTATIONS

Le plus simple des pesticides ? L'eau ! Pulvérisée via un jet puissant sur les parties du végétal infesté, elle décolle et emporte acariens, insectes et leurs œufs. De l'eau bouillante suffit aussi pour détruire les mauvaises herbes sur une terre attendant d'être semée. Autre produit naturel à pulvériser : les huiles végétales (tournesol, colza, etc.). Aspergées sur les plantes, elles étouffent les insectes nuisibles.

Les sites Internet regorgent d'autres "recettes", dont les plus répandues sont les infusions d'ail, présumées efficaces contre les champignons, les pucerons et acariens; le purin d'ortie (feuilles d'ortie macérées dans de l'eau) contre les pucerons et acariens; les mélanges savon noir/alcool à brûler, contre les cochenilles ou encore l'huile végétale associée à du liquide vaisselle bio, contre

les acariens, aleurodes (mouches blanches) et champignons. Mais aucune n'a fait ses preuves. De plus, si rien n'interdit de fabriquer chez soi ces "préparations naturelles peu préoccupantes" – comme les qualifie la loi –, leur vente n'est pas autorisée en France. "Le mieux pour limiter le recours aux pesticides est encore d'agir avant la prolifération même des ravageurs : observer son jardin

au moins une fois par jour pour détruire rapidement tout fruit, feuille ou plante commençant à être infesté, et attirer les prédateurs naturels des ravageurs, etc.", conseille Maud Blanck, ingénieur horticole. Autre solution : tolérer un petit nombre de nuisibles et d'herbes sauvages. Nul besoin en effet d'un sol, de feuilles ou de fruits parfaits pour que les récoltes soient abondantes et savoureuses !

3 PROTÉGEZ VOS CULTURES DE LA PLUIE ET DE L'HUMIDITÉ

larves de chrysopes...) sont vendus en jardinerie et via Internet. Attention cependant à la coccinelle asiatique (*Harmonia axyridis*), commercialisée, mais qui entre en compétition avec les coccinelles européennes. Pour éviter cela, privilégier une souche asiatique incapable de voler et donc de supplanter les variétés locales, sélectionnée par l'Inra: Coccibelle.

Les averses violentes peuvent coucher au sol les plantes les plus fragiles, comme les plantes aromatiques. Mais surtout, l'humidité peut favoriser la prolifération de certains champignons à l'origine de maladies pouvant détruire parfois toutes les cultures. C'est le cas du mildiou, très redouté par les cultiva-

teurs de tomates; ou des basidiomycètes à l'origine de la rouille, qui touche quasiment tous les végétaux (fleurs, légumes, arbres fruitiers et arbustes à fruits ou à fleurs). Enfin, gare aux éclaboussures sur les feuilles lors des fortes pluies. Car elles augmentent le risque d'infection par les champignons

nichés dans le sol. Voilà pourquoi il faut inspecter ses plantes en cas de temps humide; les distancer suffisamment les unes des autres afin qu'elles séchent au plus vite; et, si possible, protéger les plus sensibles (tomates...) de la pluie. Cela, avec une bâche ou une serre.

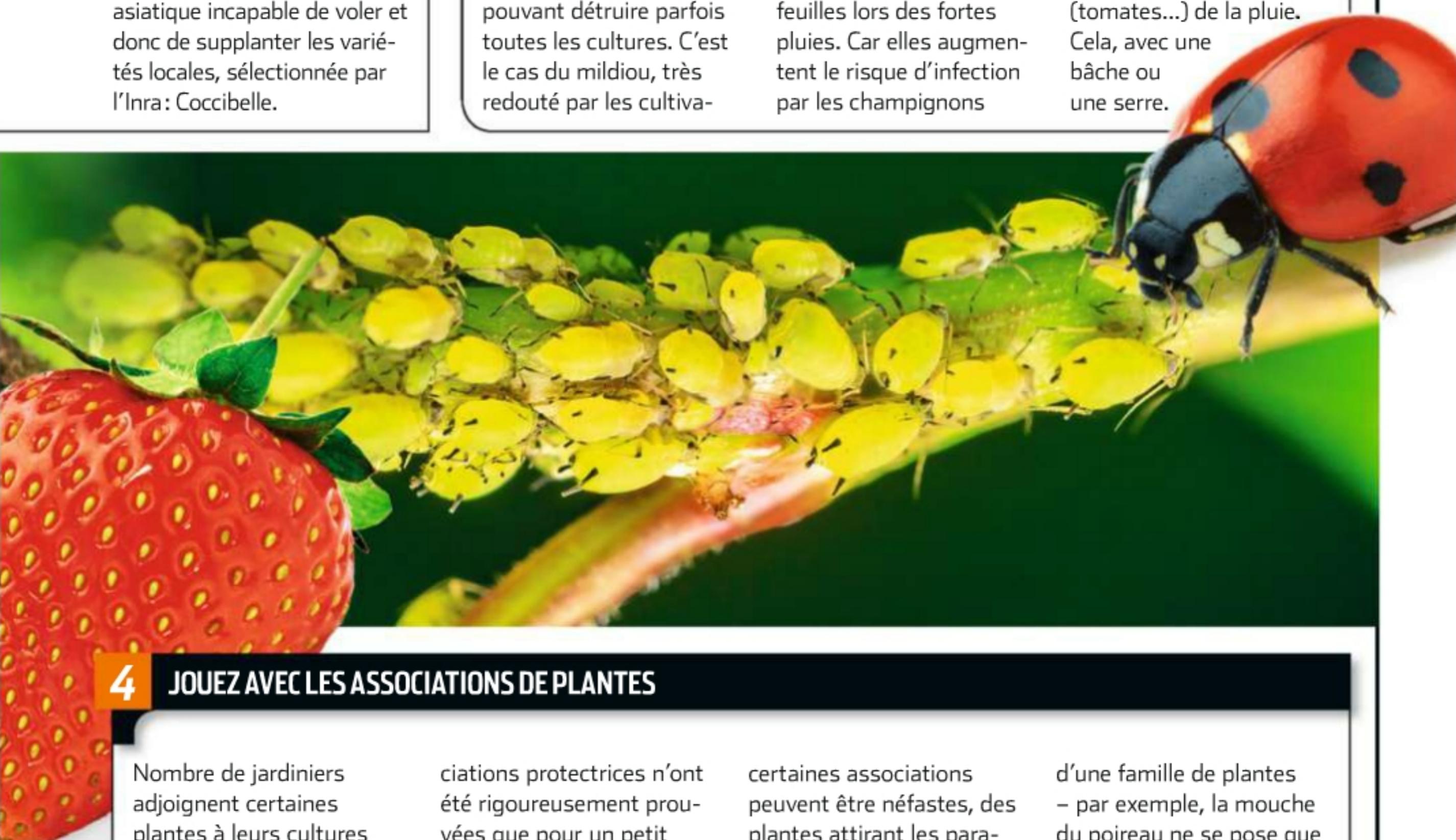
4 JOUEZ AVEC LES ASSOCIATIONS DE PLANTES

Nombre de jardiniers adjointent certaines plantes à leurs cultures pour éloigner les nuisibles. "Beaucoup de jardiniers ont observé que les plantes aromatiques (lavande, thym, sauge et autres) repoussent, par leur parfum, un grand nombre d'insectes ravageurs, observe Maud Blanck. Autre exemple: la capucine attirerait les pucerons, qui la privilégièrent aux autres cultures". Mais ces asso-

cieront protectrices n'ont été rigoureusement prouvées que pour un petit nombre de végétaux, comme l'œillet d'Inde (*Tagetes patula*), dont il est établi que les racines sécrètent un composé particulier, dit "thiophène", qui éloigne les vers nématodes des racines des tomates, ainsi que les mouches blanches appelées "aleurodes" de la sève des tomates, du géranium, ou du fuchsia. Mais attention:

certaines associations peuvent être néfastes, des plantes attirant les parasites chez certaines de leurs voisines. C'est le cas notamment de la moutarde pour le chou, du haricot pour l'ail, ou encore de la pomme de terre pour les courges. Une chose est sûre: il faut diversifier le plus possible les espèces cultivées sur une même parcelle. Comme les nuisibles sont souvent spécifiques d'une plante ou

d'une famille de plantes – par exemple, la mouche du poireau ne se pose que sur le poireau –, diversifier les végétaux évite l'attaque de tous les végétaux du jardin. Pour la même raison, il est judicieux de ne pas cultiver côté à côté des espèces très proches, pouvant être attaquées par les mêmes nuisibles, comme le chou-fleur et le chou rouge, ou la tomate, les pommes de terre et les aubergines.





5 CHOISISSEZ UNE TERRE ÉQUILIBRÉE

Le sol le moins gourmand en engrais, tout en étant facile à travailler et idéal pour la croissance des plantes, est celui équilibré en sable (de 50 à 70 %), argile (de 20 à 30 %), calcaire (de 5 à 10 %) et matière organique (de 5 à 10 %). Ce que les professionnels appellent une "terre franche". Il est rare de disposer d'un tel sol

dès la création de son jardin. D'où la nécessité d'amender celui-ci, c'est-à-dire d'améliorer sa structure. Elle peut être connue via des kits d'analyse vendus en jardinerie ou sur le Net. Reste alors à doser les apports... et à ne pas confondre amendement en matière organique (fumier, compost...) et apport d'engrais: contrai-

rement à l'azote dans le fumier ou le compost – qui nécessitent d'être progressivement décomposés par les animaux du sol –, l'azote des engrais est sous forme libre (ions); il est donc plus facilement lessivé vers les eaux souterraines, qu'il pollue.

6 PRATIQUEZ LA ROTATION DES CULTURES

Utilisée dans les grandes cultures agricoles, la rotation des cultures consiste à varier tous les ans les plantes cultivées sur une parcelle donnée. Comme les végétaux n'ont pas les mêmes besoins en éléments nutritifs (les légumineuses – petits pois, haricots, fèves –, par exemple, enrichissent le sol en azote; au contraire des courges, poireaux, laitues ou des potirons), cette rotation permet de

régénérer le sol. Il faut donc veiller à rassembler les légumes en groupes ayant des besoins nutritifs différents: légumes à feuilles (choux, épinards, salades...), légumes à fleurs ou fruits (courgettes, tomates...), légumes à grains (haricots, pois...), etc., avant de diviser le potager en un nombre de parcelles identique au nombre de groupes formés. Et chaque année, faire tour-

ner sur une même parcelle les différents groupes. Outre le fait de régénérer le sol, la rotation rompt aussi le cycle de développement des parasites et champignons, qui peuvent persister dans le sol. A savoir: plus le jardin est petit, moins la rotation est efficace. Car il est alors difficile d'éloigner significativement les plantes de leur parcelle d'origine.

7 PRÉSERVEZ MICRO-ORGANISMES, VERS DE TERRE...

Le sol renferme des micro-organismes qui décomposent la matière organique (feuilles, débris...) en éléments nutritifs assimilables par les plantes. Or, cette faune est sensible aux pesticides. Attention aussi aux vers de terre qui digèrent la matière organique pour

former du compost. Ils deviennent une proie facile pour les oiseaux quand on retourne la terre lors du bêchage. "Pour éviter de les découvrir, faire attention en bêchant ou utiliser une grelinette, un outil permettant d'ameublir la terre sans la retourner", conseille Maud Blanck. Attention

aussi aux larves de cétoines, décomposeurs de compost: souvent prises pour des larves de hanneton (nuisibles des racines de graminées), elles sont détruites alors qu'elles constituent de précieux alliés!





8 PLACEZ VOS PLANTES DE FAÇON OPTIMALE

Pour arroser moins, éviter de cultiver en plein soleil ou en plein été certaines cultures qui nécessitent beaucoup d'eau. Il s'agit notamment des légumes à feuilles : salades, choux, épinards, etc. "Mieux vaut cultiver les laitues au printemps ou les planter à l'ombre de pieds de tomates", précise Maud Blanck. Autre astuce : rassembler au même endroit les végétaux ayant des besoins similaires en arrosage. Ce qui rend possible

d'arroser moins fréquemment les parcelles contenant les plantes les moins gourmandes en eau. Parmi les végétaux résistants à la sécheresse, il y a notamment les plantes aromatiques telles que la sauge, le thym et le romarin. Les légumes à racines (carottes, radis, betteraves rouges...), eux aussi, sont réputés peu gourmands en eau. Côté fleur, les plus économies en arrosage sont le géranium, l'iris, le laurier rose.

9 ACHETEZ UN RÉCUPÉRATEUR D'EAU DE PLUIE

Tout dépend de la capacité du système, de l'abondance de la pluie dans la région et de la taille du jardin, mais oui : récupérer l'eau de pluie peut suffire ! Selon l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe), il faut 10 litres pour arroser un mètre carré de jardin ; donc un jardin de 50 m² nécessite 500 litres. Or justement, une cuve hors-sol placée en extérieur, équipée d'un filtre pour retenir insectes et feuilles mortes, et reliée à la gouttière peut contenir jusqu'à 500 litres. Selon l'Ademe, la récupération des eaux de pluie per-

met une économie de 5 € à 50 € pour 100 m² de pelouse. Sans compter que l'eau de pluie, sans chlore ni calcaire, est plus saine pour les plantes. Reste qu'il faut pouvoir compter sur des pluies suffisamment abondantes pour répondre aux besoins de votre jardin. Pour connaître la pluviométrie de votre région mois par mois, et en déduire la taille des cuves à installer, il suffit de consulter l'antenne météo locale. En plus de l'eau de pluie, penser aussi à récupérer l'eau de cuisson des aliments et celle utilisée pour laver les légumes.

10 PRIVILÉGIEZ L'ARROSAGE DU MATIN

Le conseil majeur des professionnels est de ne surtout pas arroser aux heures les plus chaudes de la journée. Et pour cause : d'une part, l'eau d'arrosage qui entre en contact avec le sol chaud s'évapore en grande partie ; d'autre part, lorsqu'elles sont en plein soleil, les plantes ne prélèvent pas d'eau dans le sol. Pourquoi se privent-elles du précieux liquide au moment où, pourtant, elles semblent en avoir le plus besoin ? "Pour éviter de perdre de l'eau par évaporation au niveau de leurs feuilles, elles ferment une partie de leurs stomates, ces pores situés sur les feuilles ; or, l'ouverture de

ceux-ci est indispensable à l'aspiration de l'eau par les racines", explique Maud Blanck. Quant à l'arrosage du soir, s'il réduit aussi les pertes liées à l'évaporation, le sol étant plus frais qu'en pleine journée, il favorise l'invasion des limaces, qui se déplacent plus facilement quand le sol est humide. Autre danger de l'arrosage du soir : dans le cas de certaines plantes à larges feuilles, comme les tomates, les salades, ou les fraisiers, il peut induire au fil de la nuit une condensation de l'eau sous les feuilles. Or, cela favorise le développement de champignons pouvant décimer les cultures (mildiou...).

QUESTIONS RÉPONSES





Faut-il continuer de protéger le loup en France ?

Question de Ton Vink, Die (Drôme)

En France, contrairement aux Etats-Unis, il n'est pas aujourd'hui envisageable de retirer au loup son statut privilégié. Gare à celui qui ignore la loi: tuer un loup est puni d'un an d'emprisonnement et de 15 000 euros d'amende. Au XIX^e siècle, rapporter une dépouille de loup était récompensé: jusqu'à 150 francs, soit l'équivalent de 75 jours de travail d'un ouvrier agricole... En l'espace de cent ans, le statut du loup est ainsi passé d'espèce nuisible à celui d'espèce ultra-protégée. Ainsi, l'animal a pleinement profité de ce

contexte juridique favorable: depuis 2009, il n'est plus considéré comme menacé d'extinction en France. Il s'installe partout où l'urbanisation n'a pas empiété sur la nature. On le retrouve jusqu'en Haute-Marne ou dans l'Aube. L'ennui, c'est qu'il est resté un animal carnivore! Bilan: quelque 6 000 victimes en 2012, essentiellement des moutons...

UNE POPULATION FRAGILE

Pour autant, le loup ne risque pas de redevenir une espèce aussi nuisible que le renard ou le sanglier. Avec 250 spécimens, recensés dans les Alpes françaises (plus de 2 millions pour les sangliers), sa population reste fragile. Vu le peu d'amitié que lui portent nombreux habitants confrontés à ses attaques, lui ôter sa protection pourrait signifier la fin de son retour. Or, qui dit disparition du loup, dit augmentation des grands herbivores, qui sont sa proie favorite (cerf, chevreuil), et donc fragilisation des végétaux et de la faune associée, mais aussi diminution du nombre de carcasses et donc des charognards. Bref, cela déséquilibre tout le réseau écologique...

Au-delà de ces considérations biologiques et éthiques, la France n'a tout simplement pas le droit juridique d'éliminer ses loups car elle a signé une directive européenne dite "Habitats-Faune-Flore", qui contraint les Etats à protéger leur biodiversité.

Ce texte a été adopté en 1992 alors que les loups ne faisaient que de timides incursions dans les Alpes françaises. La plupart des pays de l'Union européenne possédant des populations lupines à l'époque (Finlande, Estonie, Grèce, Espagne, Pologne...) ont refusé de classer l'animal dans les espèces "*qui nécessitent une protection stricte*". Ils peuvent ainsi librement chasser le loup ou stopper sa croissance. Au contraire, la France, comme la majorité des pays où ce grand prédateur avait disparu, a accepté ce statut de stricte protection. Cette convention est censée évoluer selon l'état de conservation des espèces, mais "*toute modification doit être entérinée par les 28 Etats membres et soumis au bon vouloir de la Commission qui a déjà déclaré qu'il était hors de question d'effectuer une révision du texte pour une seule es-* →

Le loup en Europe



Contrairement à bon nombre de pays en Europe, en France le loup est relativement peu présent.



→ *pèce*”, prévient Laurent Garde, du Centre d'études et de réalisations pastorales Alpes-Méditerranée. “*La liste des Etats qui souhaiteraient déprotéger le loup s'allonge, mais ils sont bloqués par ce système rigide*”, juge ce partisan d'une levée de la protection intégrale.

LE CAS DES ÉTATS-UNIS

Seule dérogation possible: en cas de trop forte préddation et lorsqu'aucune autre solution n'existe, il est permis de tuer quelques spécimens chaque année, sans nuire au maintien des populations. C'est exactement ce que fait la France actuellement. “*Grâce à nos modèles de croissance de la population lupine, nous pouvons estimer le risque d'une diminution des effectifs en fonction du nombre de loups prélevés d'une année à l'autre*”, explique Eric Marboutin, biologiste en charge du dossier à l'Office national de la chasse et de la faune sauvage (ONCFS). Au final, c'est à l'Etat de décider quel niveau de risque il accepte de prendre et de fixer le

nombre maximal d'animaux qu'il sera possible de tuer chaque année. L'an dernier, ce quota était de 24 loups, ce qui correspond à un risque de 30 % de voir la population décliner. Dans les faits, seuls 7 loups ont été tués.

Ce débat ne se limite pas à la France ni à l'Europe. Aux Etats-Unis, où les loups sont protégés depuis 1973, l'animal est en train d'être déclassé. En 2011 et 2012, il a perdu sa protection dans 13 Etats des Grands Lacs et du nord des montagnes Rocheuses, qui abritent plus de 5 700 spécimens. Dans le Montana, 225 loups sur une population de 650 ont été éliminés en 2012-2013. Le service des pêches et de la faune sauvage (FWS) a proposé l'été dernier de déclasser le loup sur l'ensemble du pays et de transférer l'argent dépensé pour sa protection à d'autres espèces en danger d'extinction. Les associations de défense des animaux s'y opposent, mais les agriculteurs et les chasseurs y sont favorables. La décision sera prise d'ici un an. L.B.

LES AUTRES ESPÈCES PROTÉGÉES EN FRANCE

Au-delà de ses lois nationales, la France est signataire d'une douzaine de textes communautaires et de conventions internationales visant à protéger les espèces sauvages. Au total, 1881 espèces bénéficient d'un statut de protection: le castor d'Europe, certaines chauves-souris, le crapaud vert, la couleuvre à collier, l'aigle royal ou encore la cigogne blanche... Une liste susceptible d'évoluer selon les menaces pesant sur les espèces (ayant beaucoup prolifié, la marmotte n'y figure plus depuis 2007, par exemple), mais aussi en fonction de considérations politiques et sociétales. Quoi qu'il en soit, la France seule ne peut décider de délier une espèce protégée au niveau européen ou international.

Pourquoi y a-t-il plus de droitiers que de gauchers?

Question des élèves de l'atelier-journal Hector, maison d'arrêt, Villeneuve-lès-Maguelone (34)

La réponse pourrait en fait se trouver dans le caractère asymétrique... du ventre de la mère! Les faits, en tout cas, sont là: la France compte un peu moins de 13 % de personnes écrivant de la main gauche, tandis qu'à l'échelle de l'humanité, faute de statistiques globales, les scientifiques avancent une fourchette de 8 à 15 %.

Depuis plus de trente ans, l'hypothèse standard pour expliquer cette proportion consistait à relier directement la latéralité à l'expression d'un gène (ou d'un “réseau” de gènes), c'est-à-dire à son activation pour la production de protéines.

Certains gènes pourraient par exemple favoriser le développement du système nerveux moteur du côté droit du corps, la latéralité gauche s'expliquant alors par l'absence de cette expression génétique – gènes en position “off”. Par ailleurs, des études ont montré que les fœtus de 14 semaines bougent déjà en majorité leurs membres droits (80 %), ce qui plaide en faveur d'une influence génétique initiale. Dans ces modèles, le choix génétique (“on” ou “off”) doit néanmoins être renforcé par

des facteurs environnementaux durant la gestation et les premières années de vie: la posture du fœtus et les incidents de développement, puis le contexte familial et social de l'enfant jusqu'à ses 4 ans – âge auquel le choix de la main se fixe définitivement. Seul hic: l'état “off” des gènes, c'est-à-dire la latéralité gauche, même si sa proportion est stable depuis des millions d'années (chez nos ancêtres hominidés), ne semble pas suivre les lois de l'hérédité entre générations, comme pour la pilosité ou la couleur des yeux.

“ASYMÉTRIE VISCÉRALE”

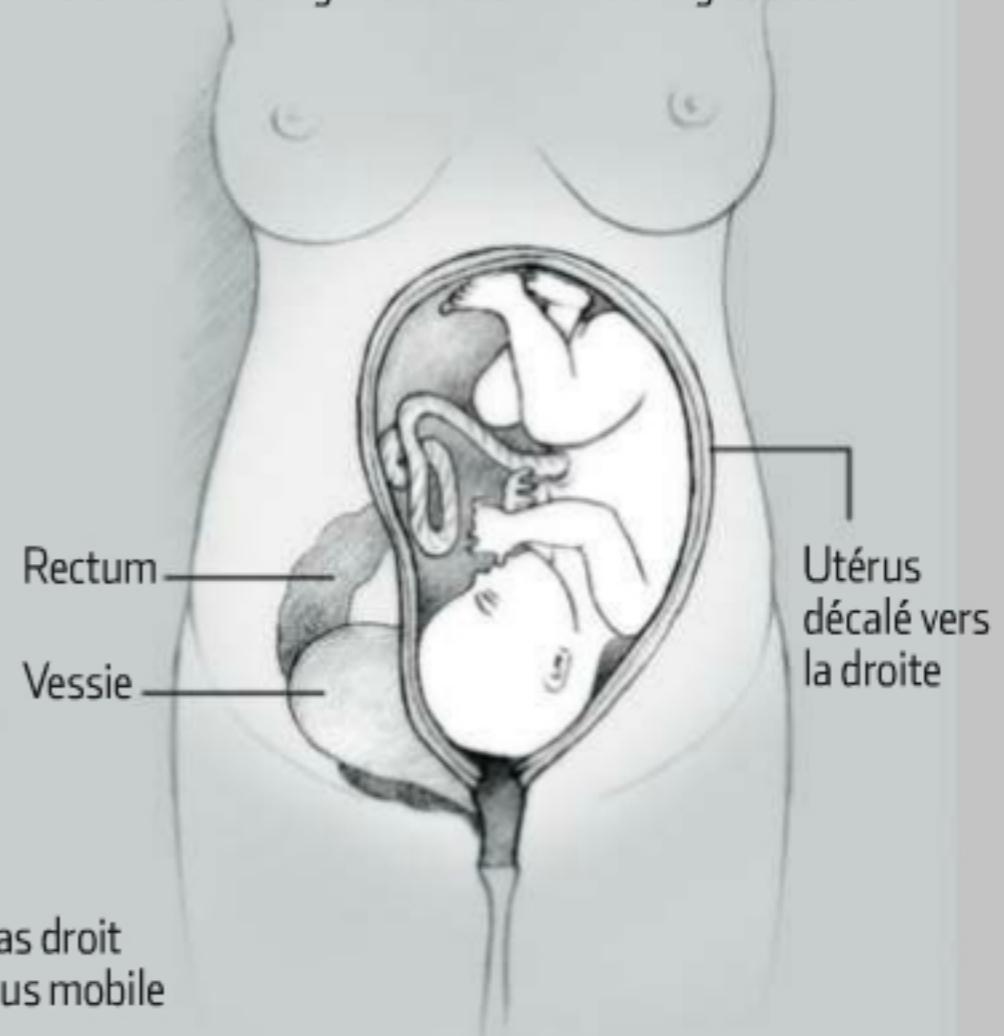
Aussi une hypothèse complémentaire prend aujourd'hui de l'importance: les gènes agiraient aussi indirectement en formatant de manière asymétrique la “cavité” dans laquelle le fœtus se développe, le ventre de la mère. Les gènes de “l'asymétrie viscérale” de la mère agiraient donc indirectement sur le choix de la latéralité de l'enfant.

“*Vers la fin de la gestation, explique Jacqueline Fagard du laboratoire Psychologie de la perception, de l'université Paris-V-Descartes, le fœtus a tendance à tourner*

La position dans l'utérus serait déterminante

1 Placé en biais, dos vers la gauche...

L'utérus est génétiquement programmé pour se développer de manière asymétrique, la plupart du temps vers la droite. Cette "asymétrie viscérale" pousserait le bébé à se positionner tête en bas et dos vers la gauche vers la fin de la grossesse.



2 ... le fœtus a plus d'amplitude à droite

Cette position offre plus de liberté de mouvements au bras droit, le ventre de la mère étant plus souple devant. De plus, ce côté est plus lumineux : le bébé peut donc voir son bras et le porter à sa bouche.

la tête à droite et à mobiliser plus ses membres droits car ceux-ci sont situés du côté des tissus souples de la mère – ce qui laisse de l'amplitude pour bouger. Ainsi, la tendance d'origine génétique serait renforcée par une contrainte physique probablement issue des gènes maternels."

Un nombre croissant de chercheurs s'intéressent au rôle de cette asymétrie viscérale qui, de l'avis de Jacqueline Fagard "a longtemps été sous-estimée". En septembre dernier par exemple, des chercheurs ont mis au jour une corrélation statistique entre la "gaucherie"

et l'absence d'expression du gène PCSK6... qui intervient dans les processus menant à l'asymétrie viscérale.

Mais la chercheuse, qui mène actuellement une étude sur les fœtus humains pour tester cette hypothèse, admet la complexité générale du problème. "Ecrire de la main gauche ne veut pas dire nécessairement être gaucher. De fait, il y a un continuum entre les vrais gauchers (entièrement latéralisés à gauche) et les vrais droitiers : les gauchers peu affirmés, les droitiers peu affirmés qui écriraient avec la gauche, les ambidextres... A chaque cas, une

cause différente – dont certaines sont pathologiques. Or, pour l'heure, la définition des sujets peu affirmés, droitiers ou gauchers, varie beaucoup d'un auteur à l'autre." Un problème de définition qui ne facilite pas la résolution du problème,

ce d'autant plus qu'il reste des énigmes, comme le déséquilibre entre hommes et femmes gauchers : 60 % contre 40 %. "Les modèles ne l'expliquent pas", admet Jacqueline Fagard. Le casse-tête des gauchers est donc loin d'être résolu. R.I.

GAGNEZ UN ABONNEMENT D'UN AN À

SCIENCE & VIE

Cette rubrique est la vôtre, écrivez-nous ! Nous ne pourrons répondre à toutes et à tous, mais les auteurs des questions que la rédaction sélectionnera se verront offrir un abonnement d'un an à *Science & Vie* (pour eux-mêmes ou pour une personne de leur choix). La question doit impérativement être rédigée sur une carte postale.

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

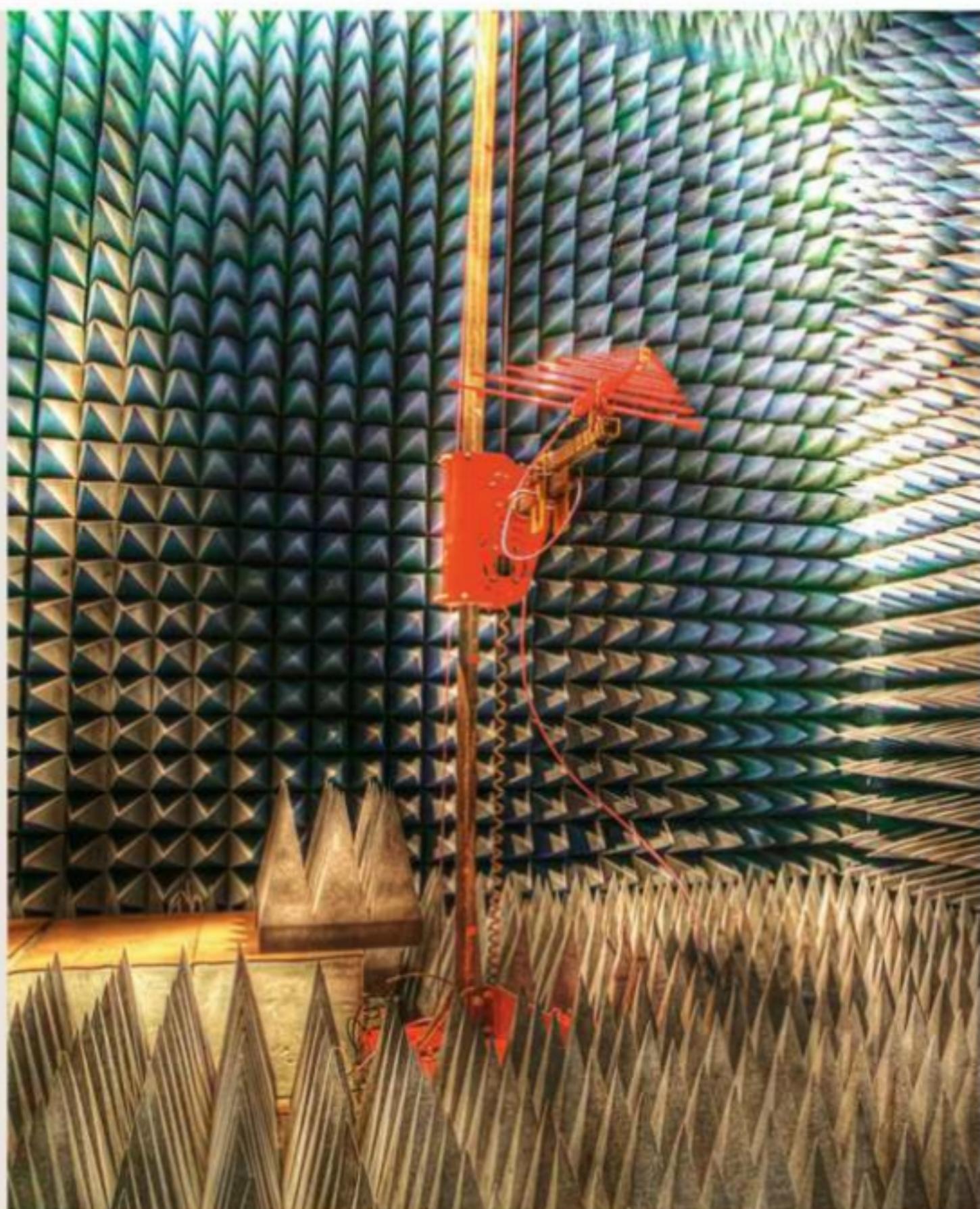


Peut-il exister sur Terre un silence “absolu” ?

Question de Benjamin Girard, Paris 10^e

Il y a deux endroits sur Terre où le silence est maximal : ce sont les chambres anéchoïques, ou “sourdes”, des laboratoires de recherche en acoustique américains de la Nasa et d’Orfield Labs, – qui détient le record du monde du silence homologué par le *Livre Guinness des records* depuis 2005. Concrètement, le niveau de son résiduel (quand la chambre est vide) atteint –9,4 décibels, soit 300 fois moins qu’une chambre normale. Tapissées de matériaux poreux absorbants, de mousses de polymère et de fibres de verre, ces

chambres absorbent 99,99 % des sons émis par la source sans quasiment aucun écho. Elles sont utilisées pour tester la résistance au silence des astronautes ou le niveau sonore de certains appareils. Selon Steven Orfield, le record de résistance d’une personne dans sa chambre est de 45 min avant les hallucinations et l’évanouissement : “*Vous n’avez plus de repères, il vous manque les indices perceptifs qui vous permettent de vous équilibrer et de manœuvrer. Si vous restez une demi-heure, vous devez être dans un fauteuil.*” R.I.



Est-il vrai qu’un décapité reste conscient un instant ?

Question de C. Leclercq, Les Ventes (Eure)

Il semble bien que oui : pendant quelques secondes, une tête tranchée continue à avoir une activité cognitive... La question, macabre, a longtemps interrogé les scientifiques. Précisément à partir du 17 juillet 1793, lorsque Charlotte Corday est menée à l’échafaud pour l’assassinat de Jean-Paul Marat, figure de la révolution française.

Un contemporain anonyme raconte : “*Quand la tête de Charlotte Corday fut tom-*

bée sous le fatal couteau, l'exécuteur, la montrant au peuple, osa lui appliquer deux soufflets. Les joues se couvrirent d'une rougeur qui frappa tous les regards.” Or, les joues d’un cadavre ne se colorent pas. Le doute s’installe. Et si la tête de la victime avait rougi d’indignation parce qu’elle était demeurée consciente après avoir été détachée du tronc ?

La querelle est lancée. Simples contractions mus-

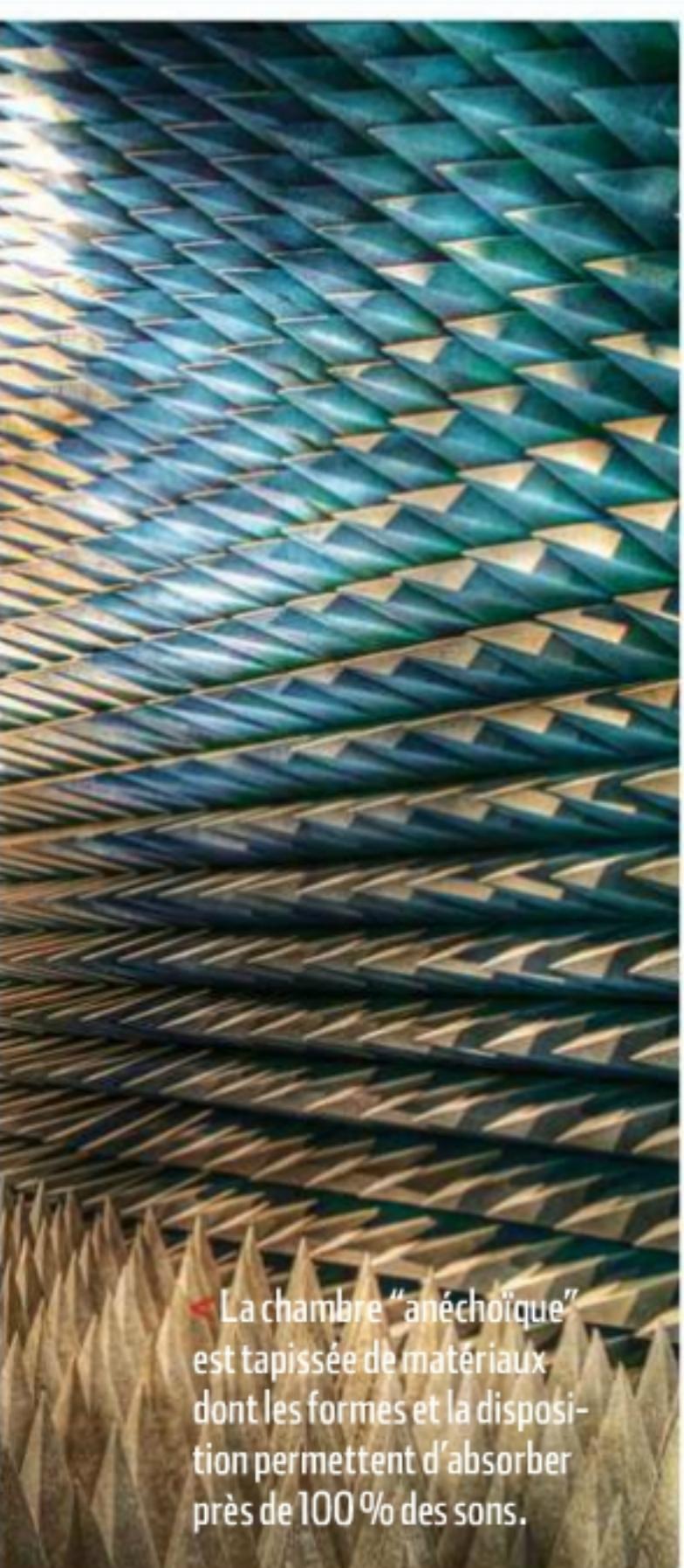
culaires ? Certains observateurs rapportent qu’en chatouillant légèrement la moelle épinière de têtes fraîchement tranchées, les visages des malheureux guillotinés auraient exprimé d’horribles grimaces...

UNE EXPÉRIENCE INÉDITE

En 1905, le docteur Beauvrieux va jusqu’à passer un accord avec le condamné à mort Henti Languille, qui s’engage à réagir s’il entend son nom après son exécution : “*Je vis alors les paupières se soulever lentement,*

sans aucune contraction spasmodique, écrit-il. *J'ai eu affaire à des yeux bien vivants qui me regardaient. Le tout avait duré de vingt-cinq à trente secondes.*”

Il y a trois ans, Clementina van Rijn et ses collègues de l’Institut du cerveau Donders à Nimègue, aux Pays-Bas, ont repris la question sur des bases expérimentales plus solides. La décapitation est en effet régulièrement pratiquée en laboratoire, sur certains animaux afin de prélever des organes. Pour mesurer la souffrance engendrée, les biologistes ont décapité 9 rats éveillés et 8 rats anesthésiés, en enregistrant leur électroencéphalogramme (EEG).



◀ La chambre "anéchoïque" est tapissée de matériaux dont les formes et la disposition permettent d'absorber près de 100 % des sons.

De telles mesures, exceptionnelles, n'avaient jamais été réalisées ! Ils ont constaté que les animaux, même anesthésiés, acquièrent une très brève conscience, qui s'éteint au bout de 3 ou 4 secondes, avant d'entrer dans un état de torpeur, jusqu'à la mort cérébrale, au bout de 17 secondes. "Même si on ne peut transposer directement ces résultats d'un rongeur à un être humain, il est sûr que, pour ce dernier, la conscience subsiste après la décapitation !", conclut le neurobiologiste et philosophe Georges Charpouathier, directeur de recherches au CNRS. De quoi faire rougir, cette fois, le bourreau de Charlotte Corday. R.B.

Qu'est-ce qui fait que l'on rougit ?

Question de N. Humbert-Picard, Nancy (54)

Que cela soit par la colère, la honte ou le plaisir, le rougissement du visage serait avant tout un moyen de communiquer ses émotions. "Toutes les émotions ont un sens social", rappelle Antoine Pelissolo, psychiatre au CHU Henri-Mondor (Créteil) et coauteur du livre *Ne plus rougir et accepter le regard des autres*. Pourtant la réaction peut parfois sembler paradoxale : de honte, on aimerait se cacher sous terre, or notre visage nous trahit. "Dans ce cas, on peut penser que le rougis-

sement a servi à créer une cohésion de groupe, estime le professeur. En rougissant, je montre à l'autre que je reconnais avoir fait une bêtise". Ce qui aurait pour vertu d'apaiser les conflits.

JUSQU'À L'OBSESSION

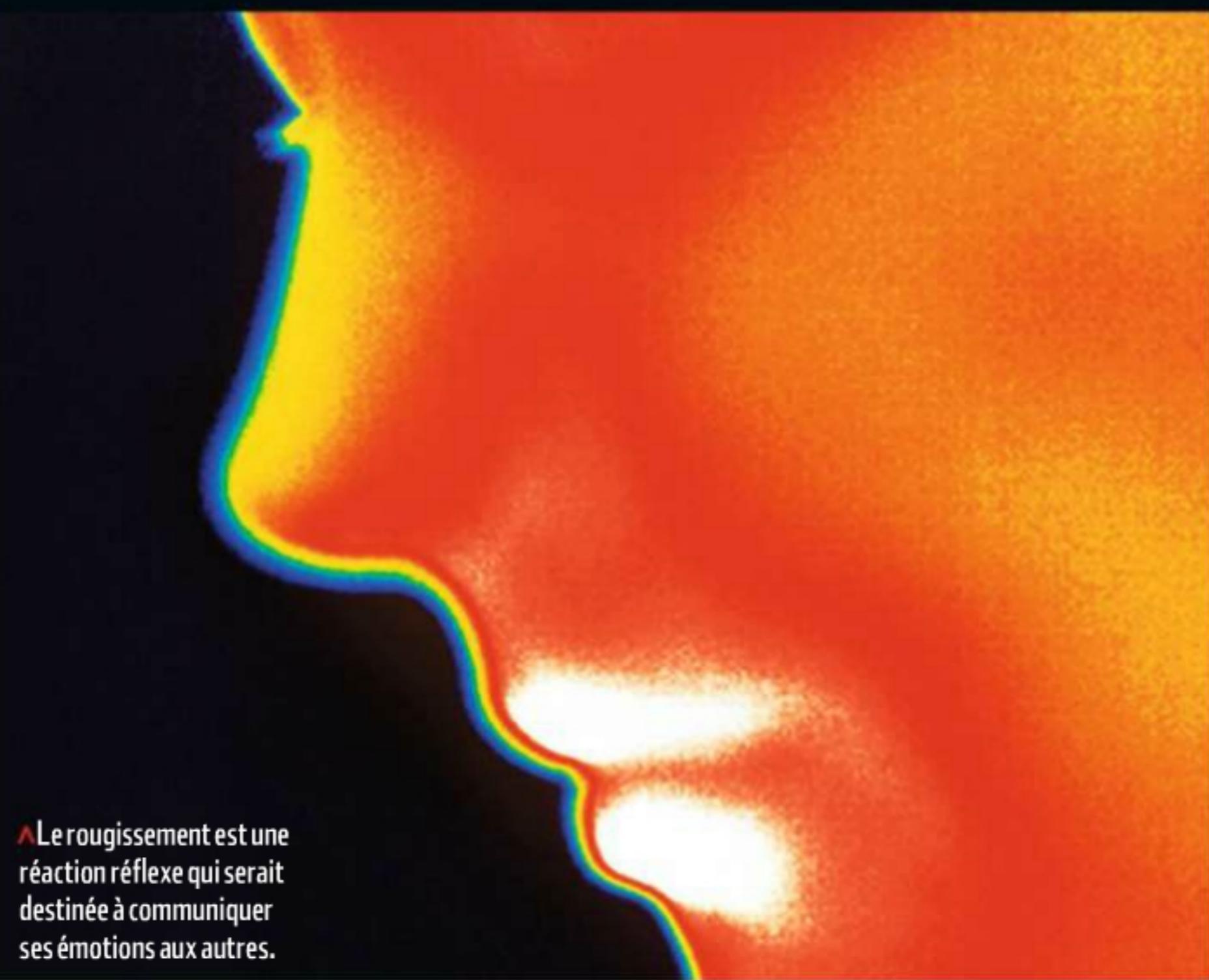
La mécanique cérébrale du rougissement reste cependant encore floue. Schématiquement, l'amygdale, où convergent les informations émotionnelles, envoie un message à l'hypothalamus. Le système nerveux sympathique déclenche alors

la production d'adrénaline, l'hormone du stress, qui entraîne à son tour la dilatation des vaisseaux sanguins du visage, où le sang afflue.

C'est une réaction réflexe, et donc incontrôlable, comme le notait déjà Charles Darwin en 1872 : "Non seulement la rougeur est involontaire, mais encore le désir que nous avons de la réprimer, en attirant notre attention sur notre personne, nous y dispose de plus belle." Chez certains, cela peut tourner à l'obsession. Ce trouble est appelé "éreutophobie" : la peur obsédante de rougir devant autrui.

V.E.

▲ Le rougissement est une réaction réflexe qui serait destinée à communiquer ses émotions aux autres.





EN PRATIQUE

TECHNOFOLIES

Passé autour du cou, voici l'airbag à vélo

Hövding est une sorte d'écharpe que porte le cycliste avant de prendre la route. En cas d'accident, elle libère un airbag qui enveloppe instantanément son cou et sa tête. Un nouveau concept dû à deux chercheuses suédoises...

Chaque année, en France, plus de 3 900 cyclistes sont blessés dans un accident de la circulation et plus de 160 sont tués. Le plus souvent, ce sont le cou et la tête qui sont touchés. Pour les pro-

téger, voici Hövding ("chef" en suédois), une écharpe conçue en Suède, qui embarque un airbag et beaucoup d'électronique: accéléromètre, gyroscopes pour analyser les mouvements, processeur pour l'algorithme servant à déclencher l'airbag, boîte noire stockant divers scénarios d'accidents, batterie pour l'alimentation, haut-parleur et LED pour avertir quand la batterie s'essouffle... L'ensemble est protégé par une enveloppe de Nylon ultra-résistante aux coutures ingénieuses, dont certaines se déchirent dès l'instant où le coussin gonflable se déploie.

Comment ça marche? Aucune pyrotechnie, ici, contrairement aux airbags de voiture qui se déclenchent à l'aide d'un mélange de gaz explosif. Non, les inventeurs ont trouvé l'inspiration du côté des airbags à gaz froid, comme l'hélium, pour gonfler le sac – un système qui équipe les casques moto de l'espagnol APC System depuis le mi-



3 DATES CLÉS

1998

L'Australien John Francis Shortall dépose un brevet pour un casque de moto équipé d'un airbag intégré protégeant le cou et les épaules.

2004

La marque espagnole APC System présente des casques de moto équipés d'airbag pour protéger les cervicales.

2005

Les Suédoises Anna Haupt et Terese Alstin commencent leur travail sur l'airbag pour cycliste destinés à remplacer le casque de vélo.

lieu des années 2000. "Les capteurs embarqués dans l'enveloppe surveillent les mouvements du corps du cycliste 200 fois par seconde", explique Anna Haupt, l'une des deux inventrices.

8 ANS DE DÉVELOPPEMENT

En cas d'impact, ces capteurs transmettent l'information à un boîtier électronique. En fonction des mesures effectuées (niveau de décélération...), l'algorithme évalue la situation. S'il détecte un risque, il déclenche le coussin gonflable en 0,1 seconde. Le casque protège ainsi le cou et la quasi-totalité de la tête tout en laissant le champ de vision ouvert. Cette enve-

loppe protectrice se dégonfle lentement après quelques secondes, grâce à un événement prévu à cet effet.

Il aura fallu huit années de développement, en partenariat avec Alva, spécialiste des airbags, pour que les deux conceptrices – diplômées en design industriel de l'université de Lund – arrivent à finaliser leur produit, dont "deux ans et demi rien que pour développer la méthode de tests répondant à la directive européenne en matière d'équipement de protection personnelle", confie Anna Haupt.

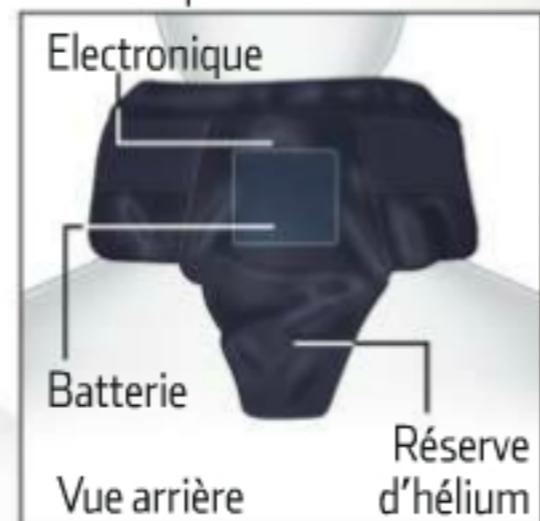
Pour mettre au point l'algorithme capable de déclencher l'airbag à bon escient,

Comment ça marche ?

1) L'airbag se fixe autour du cou

Airbag: il est plié dans cette "écharpe" imperméable.

Électronique: elle est logée dans une poche derrière le cou.



Mise en place: l'écharpe s'enroule autour du cou et se ferme devant avec une fermeture Éclair. La tirette est clipnée pour activer le système.



Une fois déployé, l'airbag enveloppe la tête comme un super casque et protège les cervicales.

les chercheurs ont analysé les mouvements déployés par le cycliste dans des conditions normales. Mais il leur aura fallu aussi simuler des milliers d'accidents, à l'aide de mannequins, de crash-tests, de cascadeurs... afin d'analyser les mouvements enregistrés lors d'un impact. Au final, l'airbag pour cycliste a pu être mis au point et il est aujourd'hui homologué comme n'importe quel autre casque au niveau européen.

De surcroît, de nombreux tests, notamment ceux réalisés par la compagnie d'assurances suédoise Folksam, ont montré que ce système a des capacités d'absorption trois

fois supérieures par rapport aux casques classiques, car il protège des zones non couvertes habituellement.

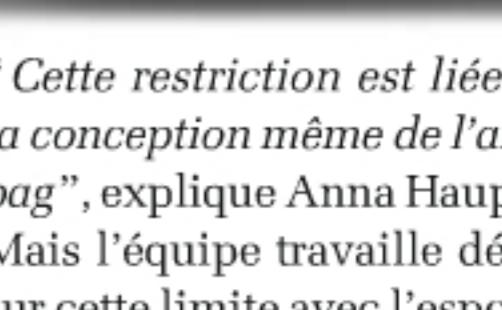
Reste son prix, plutôt cher pour un usage unique: il est en effet conseillé de ne pas le réutiliser après un choc important. En Suède, certains contrats d'assurance

couvrent son remplacement (ce qui n'est pas le cas pour l'instant en France) et le fabricant offre une remise de 15 % en cas d'achat d'un nouveau casque.

Autre bémol: Hövding n'est disponible, pour l'instant, que pour les tours de crâne entre 52 et 59 cm.

2) En cas de choc, il se déploie

1 Le système électronique d'Hövding (accéléromètre et gyroscopes), logé dans l'écharpe, analyse les mouvements du cycliste 200 fois par seconde.



*"Cette restriction est liée à la conception même de l'airbag", explique Anna Haupt. Mais l'équipe travaille déjà sur cette limite avec l'espérance d'élargir la gamme de ses prochains modèles. **Etienne Thierry-Aymé***

Prix: env. 400 €.

Rens.: www.hovding.com



Un monocycle électrique profilé comme une moto

Semblant tout droit sorti d'un film de science-fiction, cet étrange véhicule, le Ryno Micro-Cycle, est un monocycle électrique. Cet engin de 90 kg est équipé d'un guidon et d'une selle, ce qui permet de l'enfourcher comme une moto. Un confort appréciable par rapport à un autre monocycle électrique sorti récemment, le Solowheel (*Science & Vie* n°1149), sur lequel l'utilisateur se tient debout. De la même façon, le conducteur se penche en avant pour accélérer, en arrière pour ralentir, un système électronique de stabilisation gyroscopique assurant

l'équilibre avant-arrière. Pour tourner, en revanche, ce ne sont pas les épaules mais les hanches qui travaillent. Il suffit de déporter légèrement son poids dans la direction que l'on souhaite suivre pour faire tourner l'ensemble. Conçu pour les déplacements urbains de courte distance, le Ryno roule à une vitesse maximale de 16 km/h. Ses deux batteries, faciles à extraire, lui assurent une autonomie de 16 km

pour six heures de charge. La société américaine Ryno Motors le commercialisera dans les prochains mois aux Etats-Unis, puis en Europe. **O.L.**

Prix: env. 4500 €.
Rens.: <http://rynomotors.com>



Le premier siphon accessible sans outil

Qu'un bijou tombe dans le lavabo et c'est la corvée ! Il faut démonter le siphon pour le récupérer... Ça, c'était avant. Avant que le fabricant français Valentin ne conçoive Siphonette, le premier siphon accessible par le dessus. Il suffit en effet de tirer le clapet qui recouvre l'orifice du lavabo pour extraire désormais un petit godet en plastique démontable, et récupérer bijoux et lentilles de contact. Ce système ingénieux facilite aussi le nettoyage et réduit presque de moitié, grâce à sa hauteur de seulement 11 cm, l'encombrement du siphon sous le lavabo. **L.B.**

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

L'AMPOULE PLATE QUI NE CHAUFFE PAS



SlimStyle porte bien son nom. Conçue par Philips, cette ampoule, qui va être commercialisée aux Etats-Unis, contient des LED disposées en cercle autour d'un disque central plat, ce qui permet d'évacuer la chaleur produite. Dotée d'un corps en plastique moulé, elle s'affranchit des coûteux dissipateurs en aluminium, et devrait être plus facile à fabriquer et donc moins chère. D.H.

Prix: non communiqué.

Rens.: www.usa.philips.com



Il pèse 90 kg, se charge en six heures et peut parcourir 16 km : le Ryno se conduit avec les hanches et le poids du corps.

LE COIN DES PROTOTYPES

UN BRACELET QUI PARLE LA LANGUE DES SIGNES

Peu de personnes connaissent la langue des signes. Pour faciliter la communication des sourds et malentendants avec les autres, des étudiants de l'université d'Asie, à Taïwan, ont donc imaginé ce bracelet magique baptisé Sign Language Ring. Pourvu de 6 bagues détachables que la personne porte à ses doigts (3 sur chaque main), il est capable de reconnaître les mots qu'elle signe avec les mains et de les traduire vocalement au travers d'un haut-parleur. Plusieurs gestes/mots pourront être préenregistrés, histoire de gagner du temps.

Mieux: pour permettre un véritable dialogue, ce bracelet affiche ensuite sur son écran, grâce à la reconnaissance vocale, la réponse de l'interlocuteur. Encore au stade de concept, cet objet ne devrait pas être commercialisé avant quelques années. L.B.

Rens.: www.red-dot.sg



UN MINIMOULIN À EAU POUR RECHARGER LES BATTERIES

Et si un cours d'eau pouvait permettre d'alimenter nos appareils nomades ? Avec le prototype Hydrobee développé par l'Américain Burt Hamner, cofondateur du projet, cela pourrait devenir possible. Hydrobee est un générateur hydroélectrique portable, qui utilise l'énergie produite par le mouvement de l'eau pour générer de l'électricité. Deux parties constituent l'appareil: le module principal comprend une batterie cylindrique de la taille d'une canette contenant 6 piles AA rechargeables, un port USB pour alimenter les appareils et une microturbine intégrée.

Ce pack peut s'utiliser seul, relié à un robinet d'eau. Il peut aussi être intégré dans le second élément: un flotteur. Une fois mis à l'eau, le courant va alors entraîner la turbine et produire de l'électricité. Un débit de 3,7 litres par minute rechargerait ainsi la batterie en deux ou trois heures. Mais ce n'est encore qu'un prototype... J.J.



Rens.: www.hydrobee.com



LA PETITE BOÎTE QUI TRADUIT LES LANGUES À LA VOLÉE

Avec SIGMO, comprendre plus de 25 langues est... à portée de main! Cette boîte carrée de 4 cm de côté qui tient dans la paume comporte deux modes de traduction vocale. Sélectionnez votre langue maternelle et celle que vous souhaitez comprendre, puis pressez un bouton et parlez dans le microphone: SIGMO traduit et restitue votre phrase instantanément. En pressant un second bouton, l'appareil traduit des propos en langue étrangère et les reproduit dans la vôtre. Une connexion *via* Bluetooth à un smartphone équipé d'un système Android ou iOS est toutefois nécessaire, la traduction se faisant grâce à un service en ligne de type

Google Translate. SIGMO dispose d'une batterie qui devrait fonctionner trois cents heures en mode veille, et huit heures en mode conversation. L.Bo.

Prix : à partir de 50 € env.
Rens. : www.buysigmo.com



La voiture à monter soi-même

Voiture de golf, citadine ou prototype ultra-original? A vous de choisir! Voici l'Urban Tabby, un véhicule livré en kit et pouvant être assemblé à votre guise en moins d'une heure, sans nécessiter de compétences particulières. Création de la start-up italienne OSVehicle, ce pack comprend toute une série de pièces détachées au choix: châssis 2 ou 4 places, motorisation hybride ou électrique, sièges et roues... En revanche, Tabby ne dispose d'aucune carrosserie. Pour la fabriquer, il faudra laisser libre cours à votre créativité, ou bien profiter de concepts spécialement développés pour ce véhicule par des designers et vendus en bonus. Mais



le concept d'**OSVehicle** va beaucoup plus loin. En proposant des plans complets de voitures en téléchargement libre sur son site Internet, Tabby devient le premier véhicule "open source" disponible sur le Web. Sous licence Creative Commons,

En faisant l'économie d'une monture, ce masque ne pèse que 60 g.



Un masque de ski super poids plume

Pour skier toute la journée en oubliant que l'on porte un masque sur le visage, la marque française Loubsol a conçu le XX Light, un modèle deux fois plus léger (60 g) que ceux proposés sur le marché! Les matériaux sont inchangés, c'est simplement la monture (le contour de l'écran) qui a disparu, d'où l'allégement et le champ de vision élargi. Son double écran (extérieur et intérieur), fruit d'un partenariat avec l'opticien Carl Zeiss, est en plus pourvu de microperforations qui permettent de faire circuler l'air. Résultat: la formation de buée est évitée tout en gardant un effet déperlant. L.B.

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

Châssis, moteur, sièges, roues... A chacun son kit: la Tabby se monte en moins d'une heure.

tout le monde peut en effet s'approprier et modifier le concept Tabby à sa guise pour finalement créer sa propre version. Seule condition: il faut partager en retour son travail avec la communauté "open source" pour continuer d'enrichir le pro-

jet. Les premières livraisons sont prévues au printemps, dès que le véhicule, limité à 75 km/h, aura reçu les homologations nécessaires pour être commercialisé en Europe. D.H.

Prix : à partir de 2000 € env.
Rens. : www.osvehicle.com



CONTINENT SCIENCES

COMPRENDRE LES SCIENCES À TRAVERS CEUX QUI LES FONT

STÉPHANE DELIGEORGES
chaque lundi / 14h-15h

Rendez-vous avec les sciences, du lundi au vendredi à 14h sur France Culture

en partenariat avec

SCIENCE & VIE

Écoute, réécoute et podcast
sur franceculture.fr
www.facebook.com/franceculture
@franceculture





EN PRATIQUE

CIEL DU MOIS

Par Serge Brunier

NORD

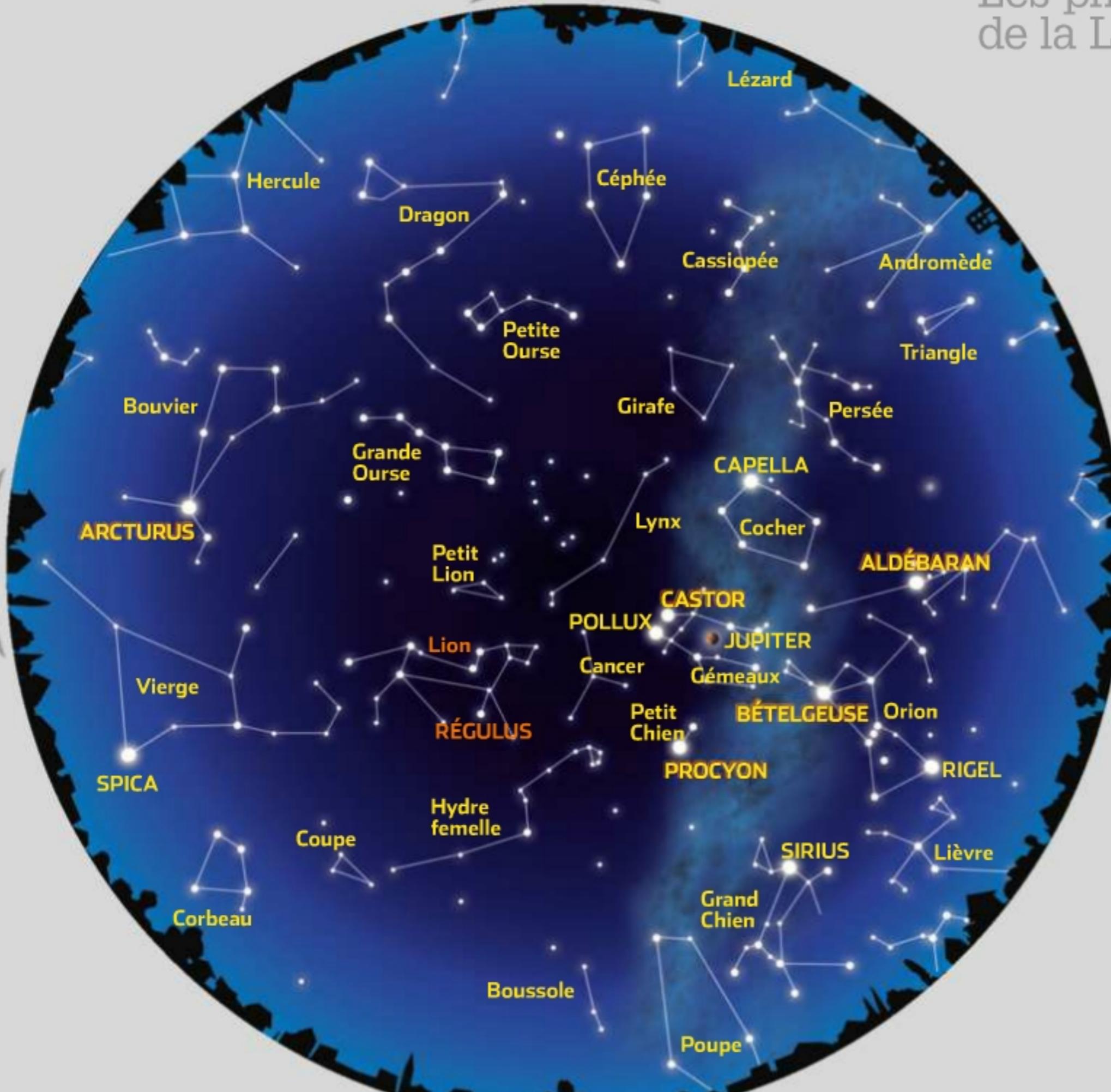
Les phases de la Lune



EST

OUEST

SUD



Pour lire la carte, tenez-la au-dessus de votre tête et orientez le nord avec le nord réel: les quatre points cardinaux seront ainsi bien orientés.

Carte exacte le 15 à 23 heures



À NE PAS MANQUER... LE 16

A l'œil nu, la planète Jupiter brille d'un éclat jaune et fixe, au beau milieu des Gémeaux... Mais le spectacle qui se déroule entre 23 h et 2 h n'est observable qu'avec un instrument de 100 à 400 mm de diamètre grossissant de 100 à 500 x: durant près de trois heures, deux éclipses totales vont se dérouler sur Jupiter; Io et Ganymède, deux de ses quatre grands satellites, projetant deux ombres noires sur la surface nuageuse de la planète géante. Le même spectacle se déroulera le 23, de minuit à 1 h 15.

Io et Ganymède, deux des satellites de Jupiter, projettent leur ombre sur la planète.



▲ Sous Régulus, apparaît un halo : Leo 1, une galaxie naine située à des centaines de milliers d'années-lumière.

LE "FANTÔME" DE RÉGULUS

Régulus du Lion brille plein sud, entre 22 h et minuit, et l'étoile est parfaitement visible à l'œil nu, même sous un ciel citadin ou au clair de lune. Mais son "fantôme", lui, est extrêmement difficile à repérer... A première vue, la pâle tache grise que l'on aperçoit à peine, l'œil à l'oculaire d'un grand télescope d'amateur, équipé d'un diamètre de 300 à 600 mm, semble un reflet de l'éblouissante étoile. Par un spectaculaire effet de perspective cosmique, en effet, une galaxie naine, appelée Leo 1 et située à 800 000 années-lumière de la Terre, se trouve dans le même champ que l'éclatante Régulus, distante de 78 années-lumière, et qui brille cent mille fois plus qu'elle... Le "fantôme de Régulus" est si difficile à voir qu'il n'a été découvert qu'en 1950.



Retrouvez la chronique "Du côté des étoiles" sur France Info

tous les samedis et sur www.france-info.com



EXCLUSIF!

Le témoignage inédit
du dernier pilote de la Luftwaffe
sur chasseur à réaction Me 262 !

Une publication
SCIENCE & VIE

HIER, TOUT COMMENCE

CONTRE-SOMMAIRE

Petit florilège des mots de ce numéro... par A.G.

Affabulation	<u>p. 64</u>	Joue collectif	<u>p. 15</u>
Affaire d'Etat	<u>p. 89</u>	Katrina, Rita, Earl, Eugene	<u>p. 80</u>
Aléas de la vie	<u>p. 74</u>	<i>La Moustache</i>	<u>p. 121</u>
Amitiés platoniques	<u>p. 20</u>	Large tache uniforme	<u>p. 25</u>
A point nommé	<u>p. 49</u>	Le soupçon a persisté	<u>p. 58</u>
Au milieu du chaos	<u>p. 88</u>	Le vécu des pères	<u>p. 75</u>
Avoir la vie encore plus dure	<u>p. 64</u>	Lepton tau	<u>p. 16</u>
Barbier	<u>p. 121</u>	Les idées reçues ont la peau dure	<u>p. 58</u>
Bleu parasite	<u>p. 13</u>	Lutter contre les rumeurs	<u>p. 64</u>
Bluffant tout le monde!	<u>p. 24</u>	Mauvaise réputation	<u>p. 59</u>
Boîte de pandore	<u>p. 65</u>	Nauséabond	<u>p. 15</u>
Brouiller les pistes	<u>p. 64</u>	N'en démord pas	<u>p. 88</u>
Bulle de savon	<u>p. 78</u>	Nier l'évidence	<u>p. 89</u>
Cacophonie	<u>p. 65</u>	Paris gagnants	<u>p. 120</u>
Caméléons casqués	<u>p. 14</u>	Pendant la guerre	<u>p. 73</u>
Carrément crispés	<u>p. 80</u>	Personne ne les a vues	<u>p. 87</u>
Ce que font tous les enfants du monde	<u>p. 78</u>	Petit archipel venteux	<u>p. 14</u>
Combien a-t-elle de bras?	<u>p. 104</u>	Peur imaginaire	<u>p. 64</u>
Comble de malchance	<u>p. 89</u>	Pieds dans le plat	<u>p. 78</u>
Coupable désigné	<u>p. 56</u>	"plop"	<u>p. 78</u>
Créatures pacifiques	<u>p. 20</u>	Plus facile à dire qu'à faire	<u>p. 64</u>
Démêler le vrai du faux	<u>p. 64</u>	Politique de l'autruche	<u>p. 84</u>
Deviennent... fous	<u>p. 18</u>	Pour les suspicieux	<u>p. 65</u>
Difficile à admettre	<u>p. 73</u>	Prédire l'issue du combat	<u>p. 14</u>
Discutable	<u>p. 88</u>	Premier "round"	<u>p. 86</u>
Drôle de question	<u>p. 53</u>	Rebat les cartes	<u>p. 73</u>
D'un simple effleurement du doigt	<u>p. 48</u>	Scénario infernal	<u>p. 65</u>
Empêtrée qu'elle est	<u>p. 78</u>	Se mettre à table	<u>p. 53</u>
En rang et en costume	<u>p. 84</u>	Sembla douteux	<u>p. 87</u>
Fait mordre	<u>p. 73</u>	Soutane	<u>p. 67</u>
Franchement hostile	<u>p. 80</u>	Surprise!	<u>p. 25</u>
Fuir	<u>p. 15</u>	Tapi au plus profond de nous	<u>p. 73</u>
Hécatombe	<u>p. 58</u>	Tout ça pour ça?	<u>p. 104</u>
Jamais se départir de son calme	<u>p. 88</u>	Voilà bien le problème	<u>p. 53</u>
"Je suis inquiet"	<u>p. 84</u>		

SCIENCE & VIE

Une publication du groupe

MONDADORI FRANCE

PRÉSIDENT : Ernesto Mauri

RÉDACTION

8, rue François-Ory
92543 Montrouge CEDEX
Tél. : 0146484848 - Fax : 0146484867
E-mail : sv@mondadori.fr

DIRECTEUR DE LA RÉDACTION

Matthieu Villiers,
assisté de Christelle Borelli

RÉDACTEUR EN CHEF

Hervé Poirier

RÉDACTEURS EN CHEF ADJOINTS

Grégoire Bouillier (édition),
François Lassagne

DIRECTRICE ARTISTIQUE

Yvonne Diraison

CHEFS DE SERVICE

Valérie Greffoz (actualités),
Caroline Tourbe (médecine)

CHEF DE RUBRIQUE

Muriel Valin (technologies)

RÉDACTEURS

Elsa Abdoun, Boris Bellanger, Mathilde Fontez,
Vincent Nouyrigat, Emilie Rauscher

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DE RÉDACTION

Jean-Luc Glock

SECRÉTAIRES DE RÉDACTION

Anne Riera, Clara Baudel

MAQUETTISTES

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

SERVICE PHOTO-INFOGRAPHIE

Anne Levy (chef de service photo),
Isabelle Henneron; Emmanuel Jullien
(chef de service infographie)

DOCUMENTATION

Marie-Anne Guffroy

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

S. Aquindo, L. Barnéoud, K. Bettayeb,
L. Blancard, B. Bourgeois, L. Bouyssou,
R. Brillaud, S. Brunier, O. Capronnier,
S. Casalonga, L. Cavicchioli, G. Cirade, F. Couchat,
S. Dessert, O. Donnars, E. Dorey, V. Etienne,
E. Friedrich, F. Gendre, F. Gracci, M. Grousson,
C. Hancok, D. Humbert, R. Ikonicoft, illustrer.fr,
J. Jongwane, M. Kontente, O. Lapirat,
A. Laymant, C. Lambezat, E. Leroy-Terquem,
M.-C. Mérat, E. Monnier, R. Persiaux, M. Rudler,
G. Siméon, M. Spee, Studio Marron,
E. Thierry-Aimé

DIRECTION-ÉDITION

DIRECTION PÔLE

Carole Fagot

DIRECTEUR DÉLÉGUÉ

Vincent Cousin

DIFFUSION

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

MARKETING

Sandra Boixel (responsable marketing),
Michèle Guillet (chargée de promotion),
Nathalie Carrère (abonnements)

PUBLICITÉ

Valérie Camy (directrice exécutive), Caroline Soret

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

Grande-Bretagne : Publieurope LTD (infododon@publieurope.com - 44 (0)20 7927 9800)

Allemagne : Publieurope Munich (infomunich@publieurope.com - 0049 89 2908150);

Suisse : Publieurope Lausanne (infolausanne@publieurope.com - 0041 21323 3110);

Espagne : Publimedia Madrid (infomadrid@publim-gestion.es - 0034 91 212 83 00)

FABRICATION

Gérard-Laurent Greck, Nadine Chatry

FINANCE MANAGER

Guillaume Zaneskis

DÉPARTEMENT INTERNATIONAL

Mathilde Janier-Bonnichon, Murielle Luche

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 : 0036-8369

N° DE COMMISSION PARITAIRE :

1015 K 79977. Tarif d'abonnement légal :

1 an, 12 numéros : 42,80 €;

1 an, 12 numéros + 4 HS : 52,80 €.

Dépôt légal mars 2014

RELATIONS CLIENTÈLE ABONNÉS

Par téléphone : 0146 48 48 96

Par courrier : SERVICE ABONNEMENTS SCIENCE & VIE, CS 50273 - 27092 EVREUX CEDEX 9

Par internet (taper directement dans votre navigateur) : abo.scienceetvie.fr

Pour vous abonner par internet :

www.kiosquemag.com

Etats-Unis et Canada : Express Mag, Tél. : 1800 363-1310 (français) et 1877 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: 0148 48 48 83

Contact@laboutique-scienceetvie.com

OJD

PRESSE PAYANTE
Diffusion Certifiée

2012

www.ojd.com

EN KIOSQUE CE MOIS-CI





À partir de
19 900€*



VOLVO V40 EFFEKTIV LINE MOINS CHÈRE QU'UN CAILLOU

DRIVE-E®

Technologies environnementales de réduction des émissions de CO₂ (à partir de 88g/km) et de la consommation (à partir de 3,4l/100km).

INTELLISAFE®

Airbag piéton en première mondiale et système d'anticipation de collision City Safety de série.

SENSUS®

Système d'info-divertissement et écran couleur 5" de série.



Volvocars.fr

Modèle présenté : V40 Effektiv Line T2 BM6 120 ch Momentum avec options peinture métallisée, jantes alliage Taranis 18", feux de jour à LED et toit panoramique : **25 390€**

*Prix public conseillé de la V40 Effektiv Line T2 BM6 120 ch Kinetic en euros TTC pour toute commande passée à compter du 02/01/2014. Offre valable du 02/01/2014 au 15/04/2014, exclusivement réservée aux particuliers dans le réseau Volvo participant. Tarifs valables en France métropolitaine. Volvo Car France, RCS Nanterre n° 479 807 141, Immeuble Nielle, 131-151 rue du 1^{er} mai 92737 Nanterre Cedex. Volvo V40 T2 BM6 120 ch : consommation Euromix (/100 km) : 5,3 - CO₂ rejeté (g/km) : 124.

PARIS

NOUVELLE RENAULT MÉGANE,
JUSQU'À 1 700 KM* D'AUTONOMIE.

TOUT LE MONDE NE PEUT PAS SUIVRE.

Lyon

Turin

Gênes

Rome

NAPLES



Champion des moteurs sur circuit

Modèle présenté avec options. Consommations mixtes min/max (l/100 km): 3,5/5,7. Émissions CO₂ min/max (g/km): 90/130. Consommations et émissions homologuées selon réglementations applicables.
RENAULT QUALITY MADE: la qualité par Renault.

CHANGEONS DE VIE
CHANGEONS L'AUTOMOBILE



*Avec le moteur ENERGY dCi 110 consommation cycle mixte : 3,5 l/100 km. Émissions CO₂ : 90 g/km. Autonomie basée sur la consommation NEDC x capacité du réservoir (50 l), autonomie maximale de 60 l x 100 km / 3,5 l = 1 714,28 km. Les distances et parcours proposés sont des indications théoriques et indicatives pour illustrer les performances du véhicule mentionnées dans sa notice technique. La consommation de carburant et les émissions de CO₂ d'un véhicule sont fonction de son rendement énergétique, du comportement au volant et d'autres facteurs non techniques.

Renault 