

PLUTON NUAGES VACCIN VIANDE CLONÉE SIDA PLANCTON HIP-HOP OSIRIS  
SYSTÈMES SOLAIRES AQUIFÈRES VOITURE VOLANTE Q.I. MICROGRAPHIA

SCIENCE & VIE

# SCIENCE & VIE

SEPTEMBRE 2015 N° 1178 MONDADORI FRANCE

## COEUR LES NOUVEAUX MIRACLES DE LA CHIRURGIE



**MATHS**  
TOUT LE MONDE  
PEUT RÉUSSIR

**VACHES  
LAITIÈRES**  
ELLES PASSENT  
AU HIGH-TECH



## LA FRANCE SANS NUCLÉAIRE C'EST POSSIBLE !

France métro: 4,30 € - 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: 48 DH  
TOMS: 750 CFP - TOM A: 1400 CFP  
CH: 8,5 FS - TUN: 75 DTU

M 02578 - 1176 - F: 4,30 € - RD



# Mode désir : Audi A1 Active.



Modèle présenté :

**239 € / mois\***

**3 ans de Garantie\*\* et Forfait Entretien 30 000km\*\*\* inclus.**

**Location longue durée sur 36 mois. 1<sup>er</sup> loyer de 2.999 € et 35 loyers de 239 €.  
Offre valable du 3 septembre au 30 novembre 2015.**

\*Exemple pour une Audi A1 Sportback Active 1.0 TFSI ultra 95 ch BVM5 avec options incluses dans les loyers : Kit Active, stickers d'arches de toit, de coffre et de boîtiers de rétroviseurs extérieurs, phares Xénon plus, jantes 17", volant multifonction, accoudoir central avant, peinture métallisée, projecteurs antibrouillard et 1 an de garantie additionnelle, en location longue durée sur 36 mois et pour 30 000 km maximum, hors assurances facultatives. Tarifs au 03/09/2015.  
\*\*Garantie 2 ans + 1 an de garantie additionnelle incluse. Offre réservée aux particuliers chez tous les Distributeurs présentant ce financement, sous réserve d'acceptation du dossier par Volkswagen Bank GmbH – SARL de droit allemand – Capital 318 279 200 € – Succursale France : Bâtiment Ellipse – 15 av de la Demi-Lune 95700 Roissy en France – RCS Pontoise 451 618 904 – ORIAS : 08 040 267 ([www.orias.fr](http://www.orias.fr)). \*\*\*Forfait Entretien obligatoire souscrit auprès d'Opteven Services, SA au capital de 365 878 € – RCS Lyon B 333 375 426 siège social : 35-37, rue Guérin – 69100 Villeurbanne.

Audi  
Vorsprung durch Technik



activé.



Gamme Audi A1 Active à partir de 239€/mois avec apport : Audi A1 Active 1.0 TFSI ultra 95 ch BVM5 avec options incluses dans les loyers : Kit Active, stickers d'arches de toit, de coffre et de boîtiers de rétroviseurs extérieurs, phares Xénon plus, jantes 17", volant multifonction, accoudoir central avant et 1 an de garantie supplémentaire. 1<sup>er</sup> loyer de 2.599 € et 35 loyers de 239 €. Tarifs au 03/09/2015. Volkswagen Group France S.A. au capital de 7 750 000 € - 11 avenue de Boursonne Villers-Cotterêts - RCS Soissons B 602 025 538. Audi recommande **Castrol EDGE Professional**. Vorsprung durch Technik = L'avance par la technologie.

Gamme Audi A1 : Consommation en cycle mixte (l/100 km) : 3,4 - 5,8. Rejets de CO<sub>2</sub> mixte (g/km) : 89 - 134



## L'HISTOIRE DE NOS P'TITES POMMES, C'EST UNE HISTOIRE FRANÇAISE...

NOS PETITS QUARTIERS DE **POMMES**  
SONT **100% FRANÇAIS**. ILS PROVIENNENT  
DE POMMES CULTIVÉES DANS LE SUD-EST,  
LE SUD-OUEST OU LE VAL DE LOIRE SELON  
LES VARIÉTÉS ET LES SAISONS. NOUS  
SÉLECTIONNONS PAR EXEMPLE LA GALA,  
LA CRIPPS PINK OU ENCORE LA JONAGOLD  
POUR DES **POMMES 100% CROQUANTES**.



# Nouveau Renault ESPACE

Le temps vous appartient.



Découvrez le parcours de Kevin Spacey sur [espace.renault.fr](https://espace.renault.fr)

Consommations mixtes min/max (l/100 km) : 4,4/6,2. Émissions CO<sub>2</sub> min/max (g/km) : 116/140.  
Consommations et émissions homologuées selon réglementation applicable.

Renault recommande 



**RENAULT**  
La vie, avec passion



# DU JUS À GOGO

## BATTERIE N°13

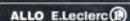
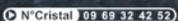
60Ah 540A 12V  
Pour Citroën/Peugeot/Renault\*  
Garantie 2 ans

### TECH9

# 75€

Pour vous permettre de prendre la route en toute sérénité, les experts de l'Auto E.Leclerc ont sélectionné TECH9, une gamme de produits pour véhicules aussi économique que performante. Des essuie-glaces jusqu'à la batterie et l'huile de moteur, avec TECH9, vous êtes toujours prêt à prendre la route.



**OFFRE VALABLE DU 22 JUIN AU 21 SEPTEMBRE 2015.** \*Citroën: Xantia essence, C2 diesel, C3 diesel / Peugeot: 206, 307 diesel / Renault: Laguna essence, Espace III et IV essence / liste de véhicules non exhaustive, voir tableau d'affectations en magasin. "Voir conditions de garantie en magasin". Magasins participants: [www.e-leclerc.com](http://www.e-leclerc.com)   Du lundi au samedi de 8h30 à 19h sauf les jours fériés et de 8h30 à 18h les veilles de jour férié.

LA PERFORMANCE C'EST AUSSI LE PRIX





Caroline Tourbe  
c.tourbe@mondadori.fr

## De miraculeux baumes au cœur

De nombreux travaux scientifiques sur le cœur ont été publiés ces derniers mois, sans que personne n'en entende vraiment parler... alors que les menaces (sédentarité, tabac, etc.) qui pèsent sur notre organe vital sont, elles, brandies haut et fort! La bonne surprise de notre enquête, c'est qu'ont surgi des résultats spectaculaires, globalement tous prometteurs. Pour l'instant, les chercheurs gardent leurs trouvailles plutôt cachées, mais les exploits que vous allez découvrir mettent déjà du baume au cœur.



Thomas Cavaille-Fol  
t.cavaille@mondadori.fr

## L'échec n'est pas une fatalité

L'étude publiée en juin sur les mathématiques au collège nous a fait bondir. Plus que la baisse du niveau, c'est le fossé se creusant entre les classes sociales qui choque. "On pensait que les maths échappaient au déterminisme culturel", m'expliquait une experte de leur enseignement. On s'aperçoit qu'il n'en est rien. Et c'est d'autant plus honteux que ce n'est pas une fatalité. Neurologues et psychologues ne cessent de démontrer que les mathématiques sont innées chez l'homme. Et qu'il existe des méthodes d'enseignement qui échappent à la position sociale.

Vincent Nouyrigat  
v.nouyrigat@mondadori.fr

## De nouveaux arguments pour un vieux débat

Cet aveu surprendra peut-être: le débat sur l'énergie en France nous ennuie ferme! Les positions sont solidement installées, l'idéologie omniprésente, les intérêts industriels bien connus, les arguments toujours aussi caricaturaux. Les seules perspectives un tant soit peu audacieuses étant tracées sur le coin d'une table par quelques énergéticiens amateurs: citons le groupe de Bellevue à la fin des années 1970 ou l'association négaWatt aujourd'hui. Mais voilà que des chercheurs de premier plan s'emparent du sujet et simulent une "France sans nucléaire" – oui, vous avez bien lu. Cela devient tout de suite plus intéressant...

**actus** **18**

**PLUTON N'EST PAS L'ASTRE QU'ON CROYAIT!**

Le grand livre est attendu. Il s'agit d'un ouvrage de référence sur la planète naine. Les auteurs sont des spécialistes du sujet. L'ouvrage est écrit par des scientifiques de renom. Il est très complet et très illustré. Il est disponible en librairie et en ligne.

**Science & Société** **42**

**Échec des maths au collège**  
**Les clés pour réussir malgré tout**

Plus de mauvais et moins de bons élèves en math ?

Le nombre de bons élèves en mathématiques a diminué de 10% entre 2008 et 2013. Les mauvais élèves ont augmenté de 15%. Pourquoi ?

Les professeurs de mathématiques ont des difficultés à enseigner. Les élèves ont des difficultés à apprendre. Il faut trouver des solutions.

**LES RAPPELS**

Le collège de la rentrée. Les parents doivent être impliqués. Les enseignants doivent être soutenus.

**ALBUM** **54**

**LES NOUVEAUX MIRACLES DE LA CHIRURGIE DU CŒUR**

Thérapies cellulaires ou géniques, minipacemakers, xéno-greffes et même cœur artificiel ne battant plus dans la poitrine mais pulsant le sang en continu... Cinquante ans après la première greffe du cœur, une deuxième révolution est en marche pour remédier au fléau des cardiopathies qui, à elles toutes, représentent la première cause de mortalité dans le monde! Entre exploits et véritables miracles, voici les projets les plus convaincants qui, à terme, pourraient nous sauver la vie.

DOSSIER COORDONNÉ PAR CAROLINE TOURBE AVEC AUDE RAMBAUD, HÉLOÏSE RAMBERT ET MURIEL VALIN

54 | **sv** | SEPTEMBRE | 2015

**76**

**Plancton**

Le plus vaste écosystème livre ses secrets

Un monde invisible, un monde fascinant. Le plancton est à la base de la chaîne alimentaire. Il joue un rôle crucial dans le cycle du carbone.

**90**

**LA FRANCE SANS NUCLÉAIRE C'EST POSSIBLE!**

Un monde meilleur, plus sûr, plus durable. Arrêter le nucléaire est possible. Il faut investir dans les énergies renouvelables.

**SCIENCE VIE** 8, rue François Ony 92543 Montrouge Cedex  
Tél : 01 46 48 48 48 Fax: 01 46 48 48 67  
E-mail : [simons@mondadori.fr](mailto:simons@mondadori.fr)  
Recevez Science & Vie chez vous. **Votre bulletin d'abonnement se trouve p. 129.** Pour commander d'anciens numéros, rendez vous sur [www.kiosquemag.com](http://www.kiosquemag.com). Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au 01 46 48 48 96, ou par Internet sur [www.kiosquemag.com](http://www.kiosquemag.com).  
Un encart Abonnement est jeté sur les exemplaires de la vente au numéro France Métropolitaine / Suisse / Belgique.

Un encart Boutique Science&Vie est jeté sur toute la diffusion abonnés France Métropolitaine. Un encart *La Croix* est jeté sur une partie de la diff. abonnés France Métropolitaine. Un flyer "Rentrée à prix cassés" est jeté sur toute la diff. abonnés France Métropolitaine. Un encart Science & Vie Voyages est jeté sur toute la diff. abonnés France Métropolitaine. Un encart Editions Atlas est jeté sur toute la diff. abonnés France Métropolitaine.

12 **Forum****Actus**

- 18 **Labos**  
Pluton n'est pas l'astre qu'on croyait; à Arles, des fresques dignes de Pompéi témoignent de l'élite antique; l'âge n'a pas d'effet sur nos empreintes; chaque galaxie a bien un trou noir...
- 28 **Environnement**  
La première carte globale de la couverture nuageuse; les grands aquifères se tarissent...
- 34 **Médecine**  
Nous n'avons pas toujours l'âge de nos organes; le globule blanc a une fin explosive; une thérapie génique contre la mucoviscidose a réussi...
- 38 **Technos**  
Un bouclier est en préparation pour les astronautes; un laser réussit à tordre la foudre...

**Science & société**

- 42 **Echec des maths au collège**  
Les clés pour réussir malgré tout
- 46 **Vaccins obligatoires ou recommandés**  
Désormais, même les médecins doutent de la nécessité de vacciner
- 48 **Débat sur le clonage d'animaux de ferme**  
La viande issue de clones est-elle comme les autres?
- 50 **Essor de la voiture électrique**  
Le temps de charge freine encore les Français

**A la Une**

- 54 **Les nouveaux miracles de la chirurgie du cœur**
- 56 Maladies du cœur: la première cause de mortalité mondiale
- 60 Six exploits de la chirurgie cardiaque

**Science & découvertes**

- 70 Astronomie  
**Systèmes solaires: voici les toutes premières échographies**
- 73 Virologie  
**Sida: et s'il était en train de pactiser avec l'homme?**
- 76 Ecologie  
**Plancton: le plus vaste écosystème livre ses secrets**
- 84 Musicologie  
**Quand la biologie réécrit l'histoire de la pop music**

**Science & techniques**

- 90 Energie  
**La France sans nucléaire, c'est possible!**
- 100 Elevage  
**Fin des quotas laitiers: voici les vaches laitières 2.0**
- 106 Véhicules du futur  
**Voiture volante: encore raté?**

**Science & futur**

- 114 Les premiers fruits et légumes cultivés sous l'eau; un prototype de désalinisateur universel d'eau de mer arrive à tirer son énergie de la houle; Paris pourrait s'offrir le plus haut gratte-ciel en bois du monde; un drone "taxi" veut remplacer l'hélicoptère; l'impression en 3D passe un cap en imprimant un pont...

**Culture science**

- 122 **Bon à savoir**
- 124 **Questions/Réponses**
- 130 **A voir / à lire**
- 132 **Technofolies**
- 136 **Il y a...** 350 ans: les *Micrographia* révèlent le monde microscopique

# Forum

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

## Non, le paranormal ne signifie pas "maladie mentale"

A lire votre dossier du mois d'août (n° 1175) sur le paranormal, 32 % des Français seraient des "malades mentaux" qui s'ignorent. Vous croyez voir des fantômes ? C'est votre jonction temporo-pariétale qui débloque. Et vous ne dites rien sur la télékinésie, le poltergeist : vous n'abordez jamais le terrain psycho-

physique. Votre dossier, à charge, est conçu pour faire comprendre au lecteur que le paranormal n'existe que dans la tête. Pourquoi avoir oublié les études de parapsychologie ? Vous semblez reléguer cent cinquante ans de recherches au rang d'épisodes d'une série Z.

David Jamet, Poitiers



**SV** Le paranormal fait effectivement l'objet de recherches depuis plus de cent cinquante ans, mais tel n'était pas notre sujet.

Nous nous sommes concentrés sur les travaux qui, en étudiant les expériences exceptionnelles, apportaient un éclairage nouveau sur le fonctionnement de l'esprit. Les mécanismes mentaux mis en évidence ne relèvent pas de la maladie (c'est vous qui le dites!) : ils sont simplement peu fréquents à l'échelle d'une vie, d'où leur caractère exceptionnel. Tout en étant communs à l'échelle d'une population.

Ces études n'expliquent pas tout. Mais l'abondante bibliographie réunie sur [www.science-et-vie.com](http://www.science-et-vie.com) inclut la psychophysique, et notamment les travaux de la Parapsychological Association, référence en la matière.



Les êtres vivants transmettent à leur descendance certaines caractéristiques acquises au cours de leur vie. S'ils pouvaient transmettre aussi des images marquantes, des impressions, etc., cela expliquerait les souvenirs de vie antérieure.

Alain Xerri, Paris



## Et si l'on expédiait l'ISS dans l'espace interstellaire?

Si le retour sur Terre de la Station spatiale internationale pose tant de défis techniques (n° 1175), pourquoi ne pas l'envoyer dans l'espace interstellaire ?

Jean-Louis Vignaud, Le Perreux-sur-Marne (94)

**SV** Parce qu'aucun moteur n'est aujourd'hui capable de propulser cette station de 420 t hors de l'orbite basse où elle circule. Mais une reconversion d'une partie de l'ISS en vaisseau habité, capable d'accoster sur des astéroïdes, est envisagée par la Nasa. Reste que cette transformation porte elle aussi son lot de défis techniques...

# Virus le plus dangereux du monde : ne jouons pas avec le feu...

**Les efforts de recherche du professeur Yoshihiro Kawaoka sur le virus H5N1, responsable de la grippe aviaire, sont louables (n° 1174). Cependant, les chercheurs ne sont pas encore parvenus à mettre au point un vaccin capable de nous protéger de la grande fréquence de mutation des virus de la grippe saisonnière. Inutile de tenter de capturer un grand lion lorsqu'on n'est pas en mesure de dresser un chaton...**

Yannis Monbru, Pézenas (34)

# L'anorexie d'origine bactérienne... chez les hommes aussi?

Un article dans le n° 1174 présente une explication de l'anorexie très séduisante : elle serait d'origine microbienne. Si tel est le cas, comment expliquer que la bactérie en cause, *E. coli*, ne s'attaque qu'aux femmes de 15 à 35 ans (95 % des malades) ?

Henri Vincent, Marseille

**SV** L'anorexie n'est pas une maladie spécifiquement féminine : 10 % des personnes concernées sont des hommes. Ce sont les troubles du comportement alimentaire dans leur ensemble (anorexie,

boulimie, hyperphagie...) qui touchent à 95 % des femmes de 15 à 35 ans.

Cela étant rappelé, l'origine bactérienne de l'anorexie pourrait en effet concerner, singulièrement, les femmes. Sergueï Fetissov, coauteur des travaux présentés dans notre article, émet l'hypothèse que l'anorexie soit liée à une espèce de bactérie *E. coli* présente plus abondamment chez les femmes. Et les mécanismes biologiques proposés pourraient être stimulés par des hormones féminines, les œstrogènes. Ces hypothèses sont en train d'être testées.

## On en reparle



# CETTE FOIS, LA TERRE A PEUT-ÊTRE TROUVÉ SA VRAIE JUMELLE

Il y a un an, les astronomes de la Nasa dénichèrent Kepler-186f dans les données collectées par le télescope *Kepler*. Nous vous parlions dès juin 2014 (n° 1161) de cette exoplanète probablement rocheuse, située dans la zone habitable d'une naine rouge : la première cousine – ou jumelle, pour les plus enthousiastes – de la Terre.

En juillet dernier, ces mêmes chercheurs ont annoncé avoir franchi la dernière étape de leur quête avec la découverte d'une exoplanète encore plus "terrestre", Kepler-452b. Elle se situe cette fois dans la zone habitable non d'une étoile naine, mais d'une étoile semblable à notre Soleil. "Elle est à la limite intérieure de la zone, précise François Forget, spécialiste du climat des planètes à l'Institut Pierre-Simon Laplace. *Nos modèles montrent qu'elle est tout près de voir son effet de serre s'emballer et de se transformer en une Vénus*" (où la température avoisine les 460 °C).

Son système, âgé de 6 milliards d'années, est en effet plus vieux que le nôtre (4,5 milliards d'années). Kepler-452b pourrait ainsi préfigurer l'avenir de la Terre... si elle est bien rocheuse ! C'est la grande incertitude de cette détection : la masse de l'exoplanète ne peut pas être mesurée, mais elle a été évaluée à 5 fois celle de la Terre environ, ce qui la place dans une zone intermédiaire entre les hospitalières rocheuses et les stériles gazeuses. Kepler-452b a entre 42 % et 62 % de chances d'être rocheuse. Autant de chances d'être la jumelle tant attendue de la Terre. **M.F.**



# PEUGEOT 508 RXH BlueHDi

## LA ROUTE EST SON TERRITOIRE

BETC Automobiles PEUGEOT 659 144 503 RCS Paris.



RVCCert. 6033203

NOUVEAU MOTEUR  
2,0 L BlueHDi 180

NOUVELLE BOÎTE  
AUTOMATIQUE EAT6

NAVIGATION AVEC  
ÉCRAN TACTILE

PEUGEOT RECOMMANDE TOTAL Moteur 2,0L BlueHDi 180 EAT6 : consommation mixte en l/100 km : 4,6; émissions de CO<sub>2</sub> en g/km : 119.



Découvrez le style distinctif de la Peugeot 508 RXH BlueHDi, et laissez-vous séduire par son nouveau moteur Euro 6 2,0L BlueHDi 180 EAT6 (équipé de la nouvelle boîte automatique 6 rapports) qui procure un excellent agrément de conduite et une consommation de carburant réduite (par rapport aux motorisations Euro 5) comparable à celle des meilleures boîtes de vitesses manuelles. Couplée au Stop and Start, la technologie BlueHDi permet également d'éliminer jusqu'à 90% des oxydes d'azote (NOx) dans l'air mais aussi d'éliminer 99,9% des particules fines, tout en optimisant les émissions de CO<sub>2</sub>. La Peugeot 508 RXH est également disponible en version HYbrid4.

## PEUGEOT 508 RXH BlueHDi

MOTION & EMOTION



PEUGEOT

## Fonte des glaces: la courbe était erronée, mais pas l'analyse



On en reparle



DINOSAURE, MAMMOUTH, NEANDERTAL...

ILS PEUVENT REVIVRE

Il y a vingt ans, Jurassic Park en faisait une réalité virtuelle; or, voilà que la science est au bord d'en faire une réalité biologique. Trois projets cherchent à ressusciter des espèces disparues. Plus n'importe lesquelles: l'un veut faire revivre un dinosaure, l'autre un mammouth et le troisième un... homme de Néandertal! Au-delà des questions qui lui posent, ces projets font naître un vertige: celui de voir renaître ce qui fut. Pour de vrai.

Les généticiens de Berkeley ont été les premiers à tenter de faire revivre un dinosaure. Ils ont séquencé le génome d'un dinosaure et ont identifié les gènes qui contrôlent la croissance et le développement. Ils ont ensuite injecté ces gènes dans des cellules de poulet et ont obtenu des cellules qui se développent comme celles d'un dinosaure. C'est une première importante car elle montre que les gènes d'un dinosaure peuvent fonctionner dans une cellule moderne.

## UN NOUVEL OUTIL GÉNÉTIQUE POUR LES "FAIRE REVENIR" ?

Dinosaures, mammouths... En décembre 2011 (n° 1131), nous faisons le point sur les techniques envisagées pour ramener à la vie ces animaux emblématiques. Nous évoquions alors le clonage pour "ressusciter" les mammouths. Cette année, même si les dinosaures ont fait leur retour au cinéma avec *Jurassic World*, ce sont bien ces mastodontes laineux disparus il y a 3500 ans qui sont au cœur de l'actualité dans les laboratoires.

La technique de l'édition génétique a désormais la faveur des chercheurs. L'entrée en lice, il y a 3 ans, de CRISPR/Cas9, un outil moléculaire capable de traquer certains gènes dans l'ADN pour les remplacer par d'autres, a changé la donne. A Harvard, l'équipe de George Church a ainsi pu échanger *in vitro*, dans des cellules, 14 gènes d'éléphant avec leur version "mammouth"... et les faire revivre. Prochaine étape pour le généticien britannique: reproduire cette prouesse *in vivo*.

Plus les différences génétiques entre les deux pachydermes cousins seront connues, plus il sera possible d'obtenir un hybride proche du mammouth. D'où l'intérêt porté aux travaux de Vincent Lynch (université de Chicago), qui a identifié 1 642 gènes de mammouth liés à son adaptation au froid. Des avancées utiles pour les projets de "dé-extinction", même si, confie George Church, un intérêt moins fantasmagique serait d'aider l'éléphant d'Asie à s'adapter au froid grâce aux gènes de son grand-oncle. **E.R.**

Votre article sur les arguments des climatocceptiques (n° 1175) présente une courbe montrant l'évolution des banquises à l'échelle du globe. Or, les années données sont: 1984, 1989, 1994, 1999, 2004, 2009... et à nouveau 2009. Pourquoi ne pas la faire commencer en 1979 (date de début des mesures)? Et pourquoi deux fois 2009? Vous jugerez sans doute bon de rectifier cette coquille, qui risque d'induire le lecteur en erreur sur l'évolution de la somme de glace de mer aux pôles. On sait très bien que contrairement à ce que semble montrer cette courbe, la somme des anomalies des banquises arctique et antarctique est assez stable au fil du temps, hors une légère baisse il y a quatre ans, résorbée depuis.

Benoît Rittaud, laboratoire Analyse, géométrie et applications (CNRS)

**SV** La courbe présentée va en effet de 1979 à 2009, et non de 1984 à 2009 comme nous l'indiquions par erreur. En

dépit de cette coquille regrettable, nous maintenons notre analyse: la progression des glaces antarctiques ne compense pas la régression des glaces arctiques; et la surface des glaces de mer s'est nettement réduite depuis le début de l'ère satellitaire (1979). De nombreuses autres sources universitaires ou gouvernementales, dont l'agence spatiale japonaise Jaxa ou le Centre américain de données sur la neige et la glace (NSIDC), montrent que la baisse en Arctique n'est pas compensée par la hausse en Antarctique.

Même si les chiffres diffèrent en raison de la complexité des mesures (variations toute l'année des glaces de mer, désaccords sur le mode de comptabilisation, etc.), tous les climatologues s'accordent sur la tendance et reconnaissent que la surface des glaces de mer diminue depuis trente-cinq ans. Le volume de ces glaces s'est en outre réduit encore plus que leur surface, car les glaces arctiques, celles qui disparaissent, sont les plus épaisses.

## La boutique SCIENCE & VIE

Plus de

**400**

- ▶ Livres
- ▶ Objets scientifiques
- ▶ Idées cadeaux

[www.laboutiquescienceetvie.com](http://www.laboutiquescienceetvie.com)



## Un autre regard sur l'utilisation des emoji



Je m'étonne que mon travail n'ait pas été cité dans votre article sur les émoticônes (n° 1174). Vous avez choisi de rapporter les seuls propos de Rachel Panckhurst, que je respecte profondément. Mais je comprends mal que ma thèse, la seule parue sur le sujet ces cinq dernières années, et que j'ai exposée à votre journal, ne soit même pas mentionnée. En complément des éclairages pertinents de Rachel Panckhurst, je voudrais

notamment souligner que les emoji ne sont pas simplement des "adoucis-seurs de discours". J'ai identifié et modélisé plusieurs types de relations entre émoticônes et énoncés verbaux, fondés sur une idée simple : elles peuvent être en concordance avec l'énoncé verbal (produisant alors un effet de renforcement ou d'illustration), ou au contraire en discordance avec ce dernier (et créer des effets plus variés : atténuation, sarcasme,



marque de plaisanterie ou de "cruauté"...).

*Pierre Halté, docteur ès sciences du langage*

**SV** Vous avez contribué à la richesse de notre enquête, au côté de plusieurs autres

chercheurs. Le format de l'interview ne rendait effectivement pas justice à votre apport. Nous invitons les lecteurs curieux d'en apprendre davantage à se reporter à votre thèse, publiée à l'adresse : <http://www.theses.fr/2013LORR0308>

## SCIENCE & VIE

Une publication du groupe



PRÉSIDENT : Ernesto Mauri

### RÉDACTION

8, rue François-Ory  
92543 Montrouge CEDEX.  
Tél. : 01 46 48 48 48 - Fax : 01 46 48 48 67  
E-mail : [svmens@mondadori.fr](mailto:svmens@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, société),  
Caroline Tourbe (médecine)

### CHEF DE RUBRIQUE

Muriel Valin (technologies)

### RÉDACTEURS

Elsa Abdoun, Mathilde Fontez,  
Vincent Nouygrat, Emilie Rauscher

### SECRETARE GÉNÉRALE DE RÉDACTION

Florence Roucolle

### SECRETAIRES DE RÉDACTION

Anne Riera, Clara Baudel

### MAQUETTISTES

Valérie Samuel-Charrier (1<sup>re</sup> maquettiste),  
Elisabeth de Garrigues

### SERVICE PHOTO-INFOGRAPHIE

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

### DOCUMENTATION

Marie-Anne Guffroy, Frédéric Vladystav

### ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

S. Aquino, S. Aubin, K. Bettayeb,  
L. Blancard, B. Bourgeois, F. Cadu,  
T. Cavallé-Fol, Y. Chavance, G. Cirade,  
A. Dagan, A. Debrosse, S. Devos, S. Fay,  
S. Frank, F. Gracci, M. Grousson,  
E. Haentjens, C. Hancock, R. Ikonicoff,  
E. Leroy-Terquem, M. Kontente, O. Lapirot,  
F. Lert, C. Loiseau, E. Monnier, N. Picard,  
A. Pihen, A. Rambaud, H. Rambert,  
M. Saemann, S. Savatier, Y. Sciama,  
M. Spée, L. Tessier, E. Thierry-Aymé

### DIRECTION-ÉDITION

#### DIRECTION PÔLE

Carole Fagot

#### DIRECTEUR DÉLÉGUÉ

Vincent Cousin

### DIFFUSION

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

### MARKETING

Sandra Boixel (responsable marketing),  
Michèle Guillet (chargée de promotion),  
Nathalie Carrère (abonnements)

### PUBLICITÉ

Valérie Carny (directrice exécutive),  
Caroline Soret (directrice de groupe  
commercial titres Automobile et Science),  
Virginie Commun (directrice de publicité  
adjointe), Lionel Dufour (directeur de  
clientèle), Christine Chessé (assistante),  
Stéphanie Guillard, Angélique Consoli,  
Sabrina Rossi-Djenidi (planning), Stéphane  
Durand (trafic), Jean-Jacques Benezech,

Grégory Gounse, Anne-Sophie Chauvière  
(opérations spéciales)

Grande-Bretagne : Publieurope LTD

([infolodon@publieurope.com](mailto:infolodon@publieurope.com) –  
44 (0)20 7927 9800);

Allemagne : Publieurope Munich  
([infomunich@publieurope.com](mailto:infomunich@publieurope.com)  
0049 89 2908150);

Suisse : Publieurope Lausanne  
([infolausanne@publieurope.com](mailto:infolausanne@publieurope.com)  
0041 21 323 3110);

Espagne : Publimedia Madrid  
([infomadrid@publim-gestion.es](mailto:infomadrid@publim-gestion.es)  
0034 91 212 83 00)

### FABRICATION

Gérard-Laurent Greck,  
Marie-Hélène Michon

### 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 : 0036-8 369

### 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 : septembre 2015

### RELATIONS CLIENTÈLE ABONNÉS

Par téléphone : 01 46 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](http://abo.scienceetvie.fr)

Pour vous abonner par internet :

[www.kiosquemag.com](http://www.kiosquemag.com)

Etats-Unis et Canada : Express Mag,

Tél. : 1 800 363-1310 (français)

et 1 877 363-1310 (anglais).

Suisse : Edigroup, 022 860 84 50

[mondadori-suisse@edigroup.ch](mailto:mondadori-suisse@edigroup.ch).

Belgique : Edigroup Belgique, 070 233 304

[mondadori-belgique@edigroup.be](mailto: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 manus-  
crits envoyés ne sont pas rendus.

### À NOS LECTEURS

#### RENSEIGNEMENTS :

Par courrier : 8, rue  
François-Ory,  
92543 Montrouge Cedex.  
Par mail : [sev.lecteurs@mondadori.fr](mailto:sev.lecteurs@mondadori.fr)

COMMANDE D'ANCIENS  
NUMÉROS, RELIURES  
ET VPC

Tel. : 01 46 48 48 83

Contact : [laboutiquescienceetvie.com](mailto:laboutiquescienceetvie.com)



# LE CHIC EST DANS LE DÉTAIL.

ÉDITION  
SURÉQUIPÉE *Marylebone*



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

INCLUS DANS L'ÉDITION SURÉQUIPÉE MARYLEBONE :  
TOIT OUVRANT · GPS ÉCRAN 6,5 POUCES  
HAUT-PARLEURS HIFI HARMAN KARDON®  
DÉTECTEUR DE PLUIE / ALLUMAGE DES FEUX  
RADAR DE RECUL · BLUETOOTH · DESIGN INÉDIT

\* Exemple pour une MINI ONE 102 ch Édition Marylebone. Location Longue Durée sur 36 mois et pour 30 000 km intégrant l'entretien. 36 loyers linéaires : 294,65 € / mois. Offre réservée aux particuliers, valable pour toute commande d'une MINI One 102 ch jusqu'au 30/09/15 dans les MINI STORES participants. Sous réserve d'acceptation par MINI Financial Services - Département de BMW Finance - SNC au capital de 87 000 000 € RCS Versailles B 343 606 448 TVA FR 65 343 606 448. Courtier en Assurances immatriculé à l'ORIAS n°07 008 883 ([www.orias.fr](http://www.orias.fr)). Consommations en cycle mixte : 4,6 l/100 km. CO<sub>2</sub> : 108 g/km selon la norme européenne NEDC. L'extérieur de ce véhicule comporte des équipements de série ou en option en fonction de la finition.



# actus



> ^ En haut, la plaine glacée baptisée Sputnik; en bas, des montagnes de près de 4 km de haut : les images de Pluton envoyées par New Horizons montrent des reliefs aussi récents qu'inattendus, suggérant une activité de la planète.



ASTRONOMIE

# PLUTON N'EST PAS L'ASTRE QU'ON CROYAIT !

Le grand tour est achevé. Toutes les planètes qui tournent autour du Soleil ont reçu la visite d'une machine terrestre, même la petite dernière. Le 14 juillet, à 13 h 50 heure française, comme prévu, la sonde New Horizons de la Nasa a frôlé Pluton à 12 000 km de distance.

La première image du survol est parvenue sur Terre quatre heures et demie plus tard, dévoilant le paysage plutonien et deux vues rapprochées. Puis sont tombées au compte-gouttes les premières images de la planète, Charon, Hydra et Nix – la sonde ne devait envoyer qu'une partie de ses données afin de préserver sa puissance de calcul pour les observations. Le paysage ainsi dévoilé a surpris tout le monde. Les

astronomes s'attendaient à une surface lunaire, constellée de cratères. Pluton abrite en fait des montagnes de glace de 4 km de haut, des falaises escarpées, des plaines érodées et une surface à la composition extrêmement variée, ce qui suggère que la planète naine est active. Même la surface de Charon semble étonnamment récente. *"Pluton est beaucoup plus complexe qu'on ne le pensait,"* résume William McKinnon, l'un des géophysiciens de la mission. *Maintenant, tout notre travail va consister à trouver les mécanismes à l'origine de cette activité."*

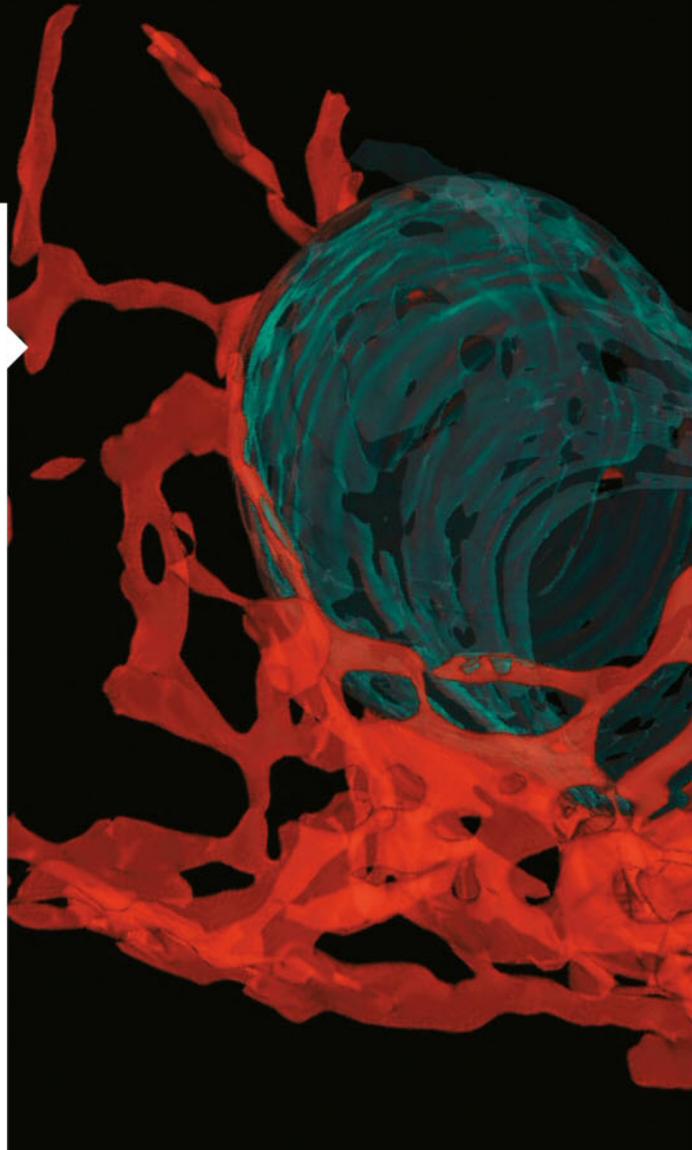
Pour la suite, il faudra patienter: les prochaines données devraient être transmises à partir du 24 septembre. **M.F.**

## MICROBIOLOGIE

## UNE ALGUE CACHE UN "ŒIL" QUI LUI PERMET DE VOIR

Non, la vue n'est pas réservée aux animaux. Et même microscopique, un organisme peut posséder un œil "complexe"! Ainsi, *Nematodinium*, une algue unicellulaire de la famille des dinoflagellés, est dotée d'un étonnant ocelloïde, une structure comprenant des éléments rappelant rétine, cornée et même cristallin. Comment un œil si sophistiqué peut-il exister chez une algue si simple? Ce mystère commence juste à s'éclaircir. En combinant des techniques d'imagerie et de génétique, le biologiste Gregory Gavelis et son équipe de l'université de Colombie britannique

ont percé à jour sa composition inédite: sa rétine est en fait un réseau de plastes, des structures cellulaires cousines des chloroplastes utilisés dans la photosynthèse et qui ont été volées à d'autres algues; quant à sa cornée, c'est une couche de mitochondries – qui fournissent normalement son énergie à la cellule. Jamais on n'avait vu plastes et mitochondries s'agencer ensemble, et en une structure aussi insolite! Reste à savoir à quoi sert cet ocelloïde: l'algue pourrait l'utiliser pour chasser ses proies, d'autres dinoflagellés, qui émettent une lumière polarisée. **N.P.**



> Dans les œufs de l'agame barbu, certains embryons génétiquement mâles deviennent femelles quand la chaleur dépasse les 32 °C.



## BIOLOGIE

## La chaleur a un drôle d'effet sexuel sur un lézard australien

Pour l'agame barbu (*Pogona vitticeps*), le sexe n'est pas qu'une histoire de chromosomes. Des chercheurs australiens ont analysé 131 d'entre eux et découvert que 11 des femelles possédaient des chromosomes masculins! L'explication réside dans la température d'incubation des œufs: dans des conditions normales, une femelle est ZW, un mâle ZZ (ce qui correspond à XY et XX chez l'homme). Mais au-dessus de 32°C, il arrive que des œufs mâles (ZZ) se féminisent. Et ces femelles ZZ sont très fertiles!

**M.S.**

### LES PLANÈTES À DEUX SOLEILS SERAIENT COMMUNES

Une équipe américaine vient de simuler la naissance de planètes autour d'étoiles doubles. Si la force gravitationnelle cumulée des deux soleils rend nombre d'orbites instables, il existe cependant une zone calme où des planètes peuvent s'agglomérer. M.F.

### LE BRASSAGE GÉNÉTIQUE REND PLUS INTELLIGENT

D'après une étude menée par l'université d'Édimbourg auprès de plus de 350 000 personnes, avoir des parents de patrimoine génétique différent rend plus grand et plus intelligent. E.L.-T.

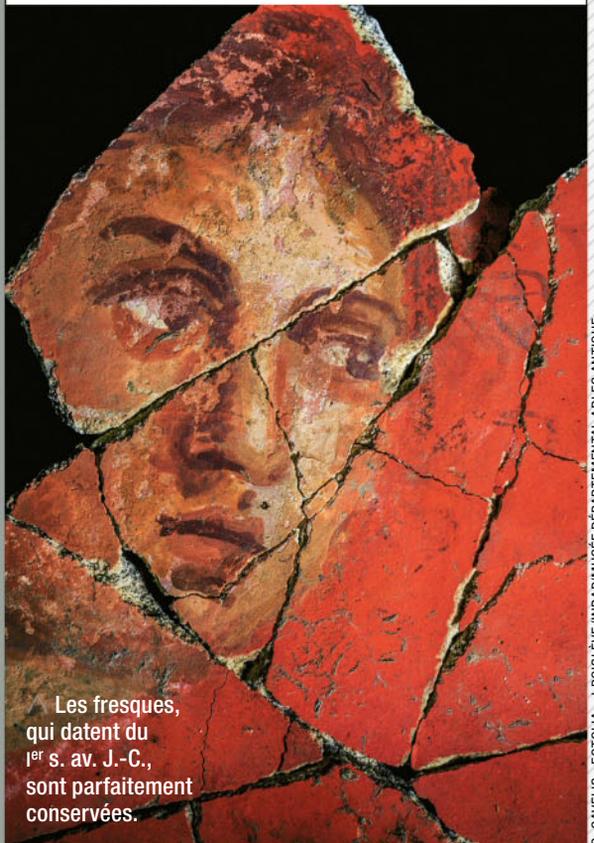
### UN VER SE FÉCONDE LUI-MÊME DANS LA TÊTE

Lorsqu'il est seul, le ver plat hermaphrodite *Macrostomum hystrix* s'injecte son sperme dans la tête. Puis les spermatozoïdes migrent vers les œufs pour les fertiliser. E.R.

### ARCHÉOLOGIE

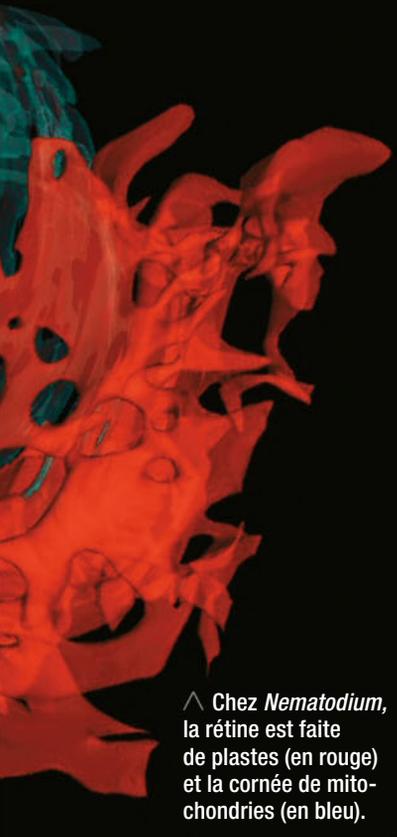
## Découvertes à Arles, des fresques dignes de Pompéi témoignent de l'élite antique

Arles, "la petite Rome des Gaules", vient de révéler un trésor pictural unique en France par sa qualité et ses motifs. Après avoir mis au jour en 2014 la chambre d'une maison du 1<sup>er</sup> siècle avant J.-C., l'équipe de l'archéologue Marie-Pierre Rothé, du musée départemental Arles Antique, en a dévoilé la salle d'apparat : une pièce aux riches murs vermillon, ornés de fresques représentant des colonnes de marbre et une dizaine de personnages – dont une femme jouant de la harpe. La finesse des visages et des vêtements, la diversité des pigments égalent les plus belles réalisations romaines de l'époque, telle la villa des Mystères de Pompéi. Cette demeure, qui devait appartenir à un membre de l'élite locale, est un témoin inattendu de l'essor de la cité antique. E.R.



Les fresques, qui datent du 1<sup>er</sup> s. av. J.-C., sont parfaitement conservées.

G. GAVELIS - FOTOLIA - J. BOISLÈVE/INRAP/MUSÉE DÉPARTEMENTAL ARLES ANTIQUE



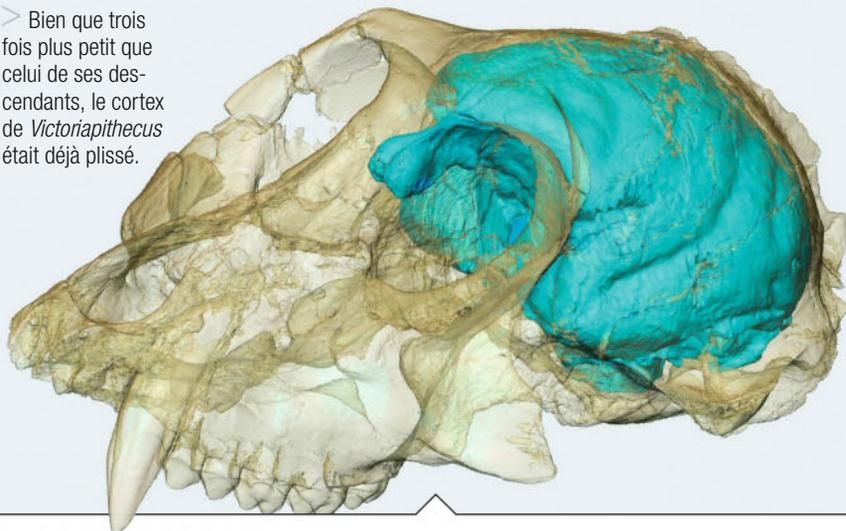
^ Chez *Nematodinium*, la rétine est faite de plastes (en rouge) et la cornée de mitochondries (en bleu).

# 6 à 9%

C'est le taux d'ADN néandertalien le plus élevé trouvé chez un *Homo sapiens* de 40 000 ans, l'un des plus anciens d'Europe. L'Institut Max-Planck a calculé que son arrière-arrière-grand-père était néandertalien et que sa descendance n'a pas survécu jusqu'à nous. E.R.



> Bien que trois fois plus petit que celui de ses descendants, le cortex de *Victoriapithecus* était déjà plissé.



NEUROPALÉONTOLOGIE

## UN CERCOPITHÈQUE RÉVÈLE UN CERVEAU PETIT MAIS ÉVOLUÉ

Chez les cercopithécidés, une famille de primates cousine de la nôtre à laquelle appartiennent le macaque et le babouin, le cerveau s'est complexifié avant de gagner en volume. C'est ce qu'a révélé la modélisation par imagerie à rayons X réalisée à partir du plus vieux fossile de crâne de cercopithécidé découvert à ce jour, *Victo-*

*riapithecus*, âgé de 15 millions d'années. Par rapport à la taille de son corps, son cerveau était trois fois plus petit que celui de ses descendants actuels, mais il présentait déjà un cortex aussi plissé et ridé. Des observations inattendues pour Brenda Benefit, anthropologue à l'université d'Etat du Nouveau-Mexique (Etats-Unis) et

coauteure des travaux : *"Chez les grands singes, le cerveau s'est d'abord élargi et agrandi avant de devenir aussi plissé qu'aujourd'hui, rappelle-t-elle. Cela montre que la taille du cerveau et l'organisation cérébrale ont évolué de façon indépendante chez les primates."* Ce qui pourrait expliquer les différences cognitives entre nos lignées. **E.L.-T.**

BIOCHIMIE

## Le gène du parfum des roses a été identifié

Des biologistes français viennent de découvrir une nouvelle facette de la fabrication des monoterpènes, principaux composants du parfum de la rose. Ils ont identifié un gène (*RhNUDX1*) présent seulement chez les roses parfumées. Et l'enzyme pour laquelle il code est 8 000 fois plus concentrée dans les pétales des fleurs très odorantes. Or celle-ci ne fait pas partie de la voie de synthèse connue des monoterpènes. C'est donc le pilier d'une voie alternative de synthèse du parfum si recherché des roses. **E.H.**

PHYSIQUE

## Le verre a enfin son modèle de comportement

On sait mieux pourquoi les vitraux coulent au bout de quelques siècles ou comment le verre se solidifie. Thomas Salez, physicien à l'ESPCI ParisTech, et ses collaborateurs ont eu l'idée toute simple de considérer les mouvements des molécules dans le verre comme ceux d'une foule contrainte dans un espace réduit. Ils ont ainsi pu construire un modèle décrivant parfaitement l'étrange comportement du verre, qui jusque-là résistait aux efforts des physiciens. **M.F.**

> La découverte du gène *RhNUDX1* ouvre la voie à la synthèse de parfums de rose.





Innovation  
that excites

## NOUVELLE NISSAN PULSAR UN LARGE ESPACE INTÉRIEUR POUR UNE OFFRE AJUSTÉE.



### LA NOUVELLE BERLINE COMPACTE

À PARTIR DE

**209 €/MOIS**<sup>(1)</sup>

**SANS APPORT  
SANS CONDITION**<sup>(2)</sup>

- Espace places arrières XXL\*
- Volume de coffre jusqu'à 1395 L



Réservez votre essai sur [nissan.fr](http://nissan.fr)

**YOU+ NISSAN\*\***

NOTRE PROMESSE. VOTRE EXPÉRIENCE.

- + Véhicule de remplacement gratuit.
- + Entretien Nissan au meilleur prix.
- + Assistance gratuite illimitée.
- + Diagnostic systématique offert.

Assistance 24h/24, 7j/7 au : 0805 11 22 33

Innovier autrement. \*89 cm aux jambes aux places arrières. \*\*Dans cadre opérations d'entretien ; Conditions sur [nissan.fr/promesse-client](http://nissan.fr/promesse-client). (1) Exemple pour une Nouvelle Nissan PULSAR Visia DIG-T 115 neuve en Location Longue Durée sur 49 mois, 40 000 km maximum, premier loyer de 3 873 €<sup>(2)</sup> puis 48 loyers de 209 €. Restitution du véhicule chez votre Concessionnaire en fin de contrat avec paiement des frais de remise en état standard et des kilomètres supplémentaires. Sous réserve d'acceptation par Diac - RCS Bobigny 702 002 221. **Modèle présenté** : Nouvelle Nissan PULSAR Connect Edition DIG-T 115 avec options Phares LED avec signature lumineuse et peinture métallisée, premier loyer de 3 501 €<sup>(2)</sup> puis 48 loyers de **279 €** (2) Premier loyer pris en charge par votre Concessionnaire NISSAN. Offre réservée aux particuliers, non cumulable avec d'autres offres, valable jusqu'au 30/09/2015 chez les Concessionnaires participants. NISSAN WEST EUROPE SAS au capital de 5 610 475 € - RCS Versailles B 699 809 174 Parc d'Affaires du Val Saint-Quentin - 2, rue René Caudron - CS 10213 - 78961 Voisins-le-Bretonneux Cedex.

**Consommations gamme cycle mixte (l/100 km) : 3,6 - 5,9. Émissions CO<sub>2</sub> (g/km) : 94 - 138.**



DACTYLOSCOPIE

# L'ÂGE N'A PAS D'EFFET SUR NOS EMPREINTES

A chacun son empreinte digitale, unique et particulière. Si ce fait est bien établi, certains experts en médecine légale doutaient, en revanche, qu'une personne conserve toute sa vie exactement les mêmes dessins au bout des doigts. Comment être sûr, dès lors, que les empreintes d'un suspect correspondent toujours à celles présentes dans les bases de données de la police et collectées des années plus tôt? Pour la première fois, Soweon Yoon et Anil Jain, ingénieurs en informatique à l'université de l'Etat du Michigan (Etats-Unis), ont étudié leur persistance dans le temps. Pour

cela, ils ont analysé les empreintes des dix doigts de 15 597 individus, enregistrées à au moins cinq reprises sur une période de cinq à douze ans. Et ils ont constaté qu'elles évoluaient au fil des années... mais pas au point de gêner l'identification d'un individu, ou d'entraîner une fausse identification! Des travaux complémentaires devraient permettre de calculer au bout de combien de temps cette divergence pourrait devenir problématique. Toutefois, en pratique, la seule véritable source d'erreurs est la mauvaise qualité des empreintes conservées. **F.G.**

PHYSIOLOGIE

## Le brillant des écailles de poissons a été élucidé

Si la plupart des poissons sont argentés, c'est parce que leurs écailles réfléchissent la majorité du spectre lumineux. Or elles sont composées de matériaux transparents et devraient laisser passer la lumière. Une équipe britannico-australienne a expliqué ce paradoxe: une écaille est faite de cristaux de guanine faiblement réflecteurs alternant avec du liquide transparent. C'est l'irrégularité de leur empilement qui permet à toutes les longueurs d'onde d'être réfléchies. **A.D.**

> C'est un remaniement génétique qui est à l'origine du piquant du wasabi.



ÉVOLUTION

## C'est pour se protéger que la moutarde pique autant

C'est pour ne plus être dévorées par les chenilles que moutarde et raifort ont pris leur goût si caractéristique. Celui-ci est dû aux glucosinolates, des composés soufrés indigestes pour les larves, dont une équipe internationale de biologistes vient de faire remonter l'histoire à 77,5 millions d'années. Dix millions d'années plus tard, des papillons s'armaient d'enzymes capables de les digérer. Cette course aux bioarmements s'est poursuivie jusqu'à donner, il y a 32 millions d'années, la famille des choux et des navets, riche désormais d'une centaine de glucosinolates aux différents arômes. **F.G.**



## NE FAITES QU'UN AVEC VOS PNEUS

Ne faites qu'un avec vos pneus et la route ne fera qu'un avec vous



**KINERGY**ECO



L'équilibre  
Longévité/  
Economies/Sécurité.

**ventus**  
**PRIME 2**



La sécurité en  
toutes conditions.

**ventus**  
**S1evo<sup>2</sup>**



Le pneumatique issu  
de la compétition.  
Ultra Hautes  
Performances,  
développé au DTM.

**HANKOOK**  
driving emotion

Hankook France SARL : Le Patio, 35-37 rue Louis Guérin, 69100 Villeurbanne, France

OFFICIAL PARTNER = Partenaire officiel  
driving emotion = L'envie de conduire

[hankooktire-eu.com/fr](http://hankooktire-eu.com/fr)



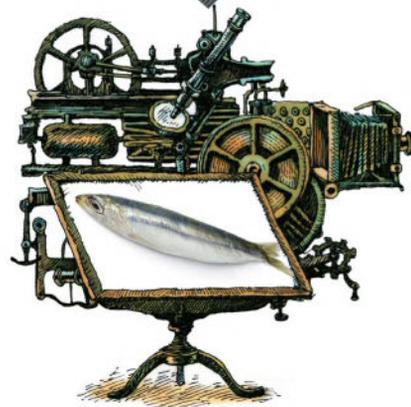
« Il n'y a plus de doute sur la présence galactique de trous noirs supermassifs. »

ASTROPHYSIQUE

## CHAQUE GALAXIE A BIEN UN TROU NOIR

Une équipe d'astronomes de l'université de Durham (Royaume-Uni) a découvert cinq trous noirs supermassifs cachés derrière des nuages de gaz et de poussières. Seuls les rayons X de haute énergie que produisent ces gouffres gravitationnels massifs comme des millions de Soleils pouvaient les trahir. Cette découverte permet de confirmer qu'un trou noir supermassif nicherait bien

au cœur de chaque galaxie et d'évaluer pour la première fois leur population totale. *« Il est probable que même dans les galaxies où l'on ne détecte rien, il y ait un trou noir supermassif, précise George Lansbury, qui a mené l'étude. Certains doivent simplement être trop calmes pour produire des rayons X. »* Les monstres seraient ainsi des millions, rien que dans l'Univers proche de notre Voie lactée. **M.F.**



Eh oui, sentir le poisson ("fish") rend suspect ("fishy")...

Partant du constat qu'être suspicieux pousse à être vigilant et que dans de nombreuses langues la suspicion est métaphoriquement associée aux odeurs, deux psychologues américains ont voulu tester l'effet d'une odeur marquante sur le sens critique. "Fishy", de "fish" ("poisson" en anglais), signifiant "suspect", ils ont opté pour le poisson. C'est ainsi que 61 volontaires répartis dans deux enceintes, l'une sentant le poisson, l'autre non, ont répondu à des questions. L'une d'entre elles, "Combien d'animaux de chaque espèce Moïse a-t-il fait embarquer dans son arche?", est utilisée en psychologie pour évaluer l'attention – c'est Noé, et non Moïse, qui est associé à l'arche. Résultat, 13 des 31 participants subissant l'odeur de poisson ont déjoué le piège, contre seulement 5 des participants témoins. De quoi permettre aux auteurs de noter que *"l'odeur de poisson améliore l'identification d'une distorsion sémantique"*. Et puisque tout le monde sait que manger un aliment sentant trop fort, car pourri par exemple, rend malade, ils suggèrent une origine évolutive à ce résultat... qui demande toutefois à être élargi, puisque seuls les anglophones associent poisson et suspicion. **E.R.**

PALÉONTOLOGIE

## L'origine de la corne des tricératops s'éclaircit

La famille des cératopsidés, dont le plus célèbre membre est le tricératops, s'agrandit avec la découverte en Alberta (Canada) de plus de 200 os appartenant à quatre spécimens inconnus. Baptisés *Wendiceratops pinhornensis*, ces herbivores de 2 tonnes pour 6 mètres de long vivaient il y a 79 millions d'années. Ils possédaient une collerette et surtout une corne nasale 10 millions d'années avant leur cousin, soit le plus ancien témoignage de cet appendice. **M.S.**

MASA-ESA - S. AQUINO

# Magique ?



## La lumière naturelle qui vient d'ailleurs Conduit de lumière VELUX



Faire entrer la lumière du jour dans les pièces aveugles de votre maison ne relève plus de la science-fiction. Découvrez un concept ingénieux et efficace qui diffuse une lumière naturelle équivalente à une ampoule de 60 W\*. Place à une lumière douce et pure, en une demi-journée d'installation seulement \*\* !

\*Rendement du conduit de lumière flexible : 2100 lumens pour une longueur théorique de 1 mètre des conditions extérieures optimales de lumière estivale.

\*\* Configurations standard, installation par un professionnel

▶ Le concept en vidéo :  
[www.velux.fr](http://www.velux.fr)

**VELUX®**

MÉTÉOROLOGIE

# LA PREMIÈRE CARTE GLOBALE DE LA COUVERTURE NUAGEUSE

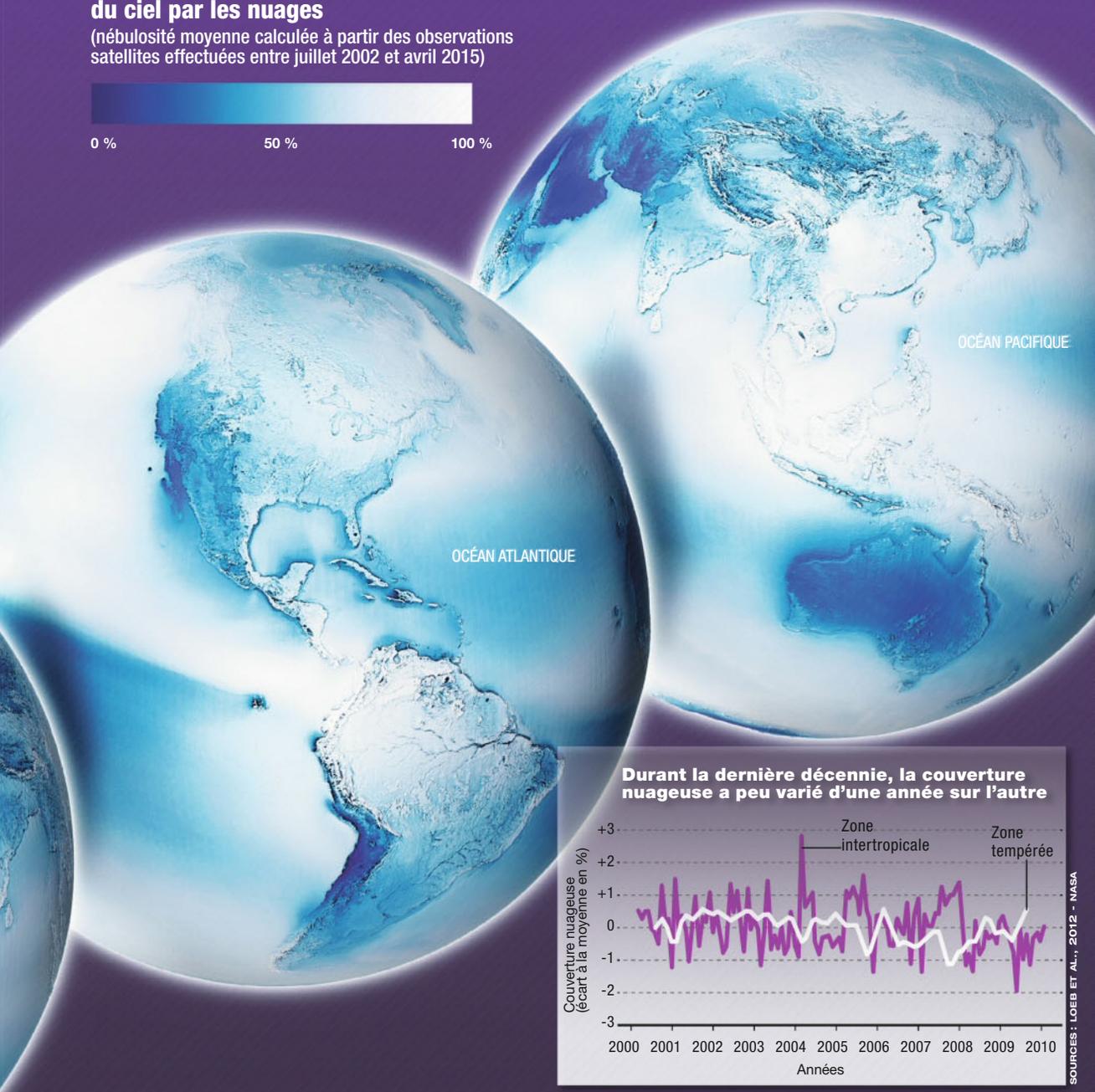
Vu depuis l'espace, la Terre est largement recouverte de nuages, seul un tiers de sa surface, en moyenne, apparaissant dégagé. Notre planète est donc en grande partie gouvernée par sa nébulosité, qui joue un rôle clé à la fois dans les niveaux de précipitations et dans la réflectivité du globe aux rayons du soleil. Pourtant, jusqu'à présent, les images disponibles de la Terre ne se souciaient pas d'analyser la position des nuages. Souvent, ils étaient même artificiellement éliminés pour permettre de voir les continents !

Pour la première fois, les chercheurs de la Nasa ont donc entrepris d'utiliser les données du satellite *Aqua*, qui détecte la couverture nuageuse, pour en déduire une moyenne sur treize ans (2002-2015), et donner à voir la nébulosité moyenne du globe. Ils ont représenté en sombre les zones où l'atmosphère est la plus transparente, et en clair celles présentant la couverture nuageuse la plus dense. Le résultat est saisissant. On y voit la bande est-ouest des pluies équatoriales, qui fait place, sous les tropiques, à des zones beaucoup plus sèches, les grands déserts de la planète, puis, en allant vers les pôles, de nouveau des nuages plus abondants. Les façades occidentales des continents apparaissent aussi clairement plus sèches que les façades orientales, arrosées par les vents dominants. A l'exception de l'Europe : à ces latitudes suffisamment hautes, elle ne subit plus l'influence des alizés. **Y.S.**

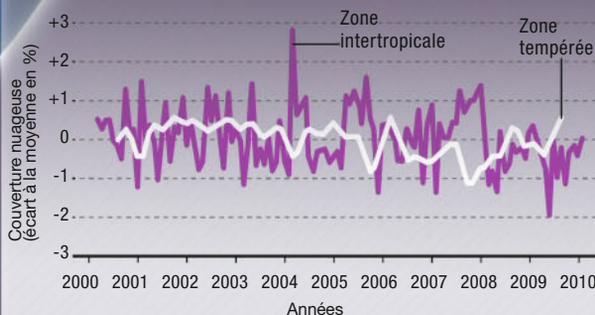


## Pourcentage d'occupation du ciel par les nuages

(nébulosité moyenne calculée à partir des observations satellites effectuées entre juillet 2002 et avril 2015)



Durant la dernière décennie, la couverture nuageuse a peu varié d'une année sur l'autre



SOURCES : LOEB ET AL., 2012 - NASA

# 67 %

C'est la moyenne annuelle de la surface du globe occupée par les nuages.

# 0,76

C'est, en mm/an, la pluviométrie la plus faible du monde, mesurée à Arica (Chili).

# 11 872

C'est, en mm/an, la plus forte pluviométrie moyenne : celle de Mawsynram, en Inde.



HYDROLOGIE

# LES GRANDS AQUIFÈRES SONT EN TRAIN DE SE TARIR

Dissimulé dans le sous-sol profond, le grand pompage des nappes phréatiques de la Terre est, depuis une dizaine d'années, perceptible par les satellites! Et leurs observations, récemment publiées dans deux études, sont plutôt inquiétantes.

En analysant les données collectées par les satellites Grace sur les variations du champ gravitationnel terrestre entre 2003 et 2013, les chercheurs ont pu mesurer l'évolution des aqui-

fères profonds. Sur les 37 plus grands du monde (qui offrent le signal satellitaire le plus clair), 21 sont exploités de manière non-durable: ils sont vidés par l'homme plus rapidement que la nature ne parvient à les recharger; 8 sur ces 21 sont même dits "surstressés", le plus menacé étant celui de l'Arabie Saoudite, qui devrait, d'ici cinquante ans, être vidé à 90%. Les deux suivants sont l'aquifère de l'Indus (Inde) et

celui de Murzuq (nord du Sahara). Les 13 autres ("extrêmement" ou "hautement stressés") bénéficient d'une certaine recharge, mais insuffisante, comme par exemple la nappe californienne, dont dépend l'approvisionnement de l'Amérique du Nord en légumes.

Les chercheurs soulignent le manque de données précises sur ce sujet vital, et prônent un effort de forage pour quantifier les eaux souterraines mondiales. **Y.S.**

▲ Les mesures des satellites sont sans appel: les grandes nappes phréatiques s'assèchent.

BIODIVERSITÉ

# Le stress des sols est pire que le climat

Une étude sino-allemande a pris en compte les exigences écologiques de dizaines d'espèces d'invertébrés aquatiques pour modéliser leur résistance, d'une part aux changements d'usage des sols (urbanisation, agriculture...), d'autre part au réchauffement. Résultat: alors que le climat réduit légèrement la diversité des espèces (-0,2%), voire augmente leurs effectifs (+15%), les changements du sol entraînent une baisse forte des effectifs (-20%) et une baisse notable de leur diversité (-0,6%). **Y.S.**

ÉCOLOGIE

# Les abeilles bougent moins

Contrairement à de nombreuses espèces, les abeilles sauvages (dont les bourdons) ne semblent pas déplacer leur aire de répartition vers le nord, en réaction à l'élévation des températures. Une vaste enquête de l'université d'Ottawa a révélé que si elles se sont bien raréfiées au sud de leur habitat, les abeilles sauvages n'ont pas conquis de nouvelles zones septentrionales. Inquiétant pour la pollinisation. **Y.S.**



GLOW IMAGES/CORBIS - SHUTTERSTOCK

RUE DU  
COMMERCE  
.COM

# LA SCIENCE S'INTERROGE : PASSER L'ASPIRATEUR DEVIENDRAIT UN PLAISIR



-23%

~~459€~~

**349€\***

Dont 0,50€ d'éco-part.  
avec le code DYSON\*

## DYSON V6 ANIMAL PRO Aspirateur balai sans fil

Technologie Cyclones 2 Tier Radial™  
Brosse motorisée – Capacité : 0,4L  
Filtre lavable permanent

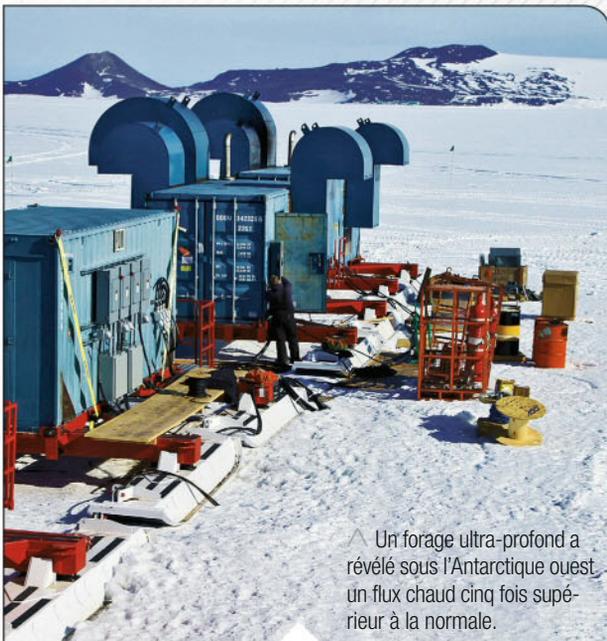
**LA RENTRÉE  
QUI DÉMÉNAGE**



LIVRAISON  
OFFERTE

RueduCommerce.com |    #BonPlan #Concours #VenteFlash

\* Du 24/08/2015 au 15/09/2015, bénéficiez de 20€ de réduction immédiate sur le Dyson V6 Animal Pro vendu et expédié par RueduCommerce.com en entrant le code DYSON dans votre panier. Voir conditions complètes sur site. RCS Bobigny B 422 797 720 - 44-50, avenue du Capitaine Glarner, 93 585 St Ouen Cedex – Offre valable du 24 août au 15 septembre 2015 dans la limite des stocks disponibles. Prix indiqués hors frais de livraison. Photos non contractuelles. Voir conditions sur site.



▲ Un forage ultra-profond a révélé sous l'Antarctique ouest un flux chaud cinq fois supérieur à la normale.

GÉOPHYSIQUE

# LE PÔLE SUD CACHE UN PUISSANT FLUX GÉOTHERMIQUE

La calotte glaciaire de l'Antarctique ouest est une colossale étendue de glace, dont la fonte intégrale élèverait le niveau marin de 7 mètres, et qui depuis vingt ans inquiète la communauté scientifique car ses glaciers se déversent de plus en plus vite vers la mer. Mais elle n'en reste pas moins mal connue.

On vient seulement d'apprendre, par une équipe américaine, l'existence sous son plancher d'un flux géothermique considérable, 5 fois supérieur à la normale – un véritable point chaud sous la glace, dans cette région où existent

quelques volcans actifs. Il a été détecté grâce à un forage épique de plusieurs centaines de mètres à travers la glace, un lac subglaciaire, puis des sédiments.

Les scientifiques qui ont découvert ce flux pensent qu'il existe depuis des millénaires, et ne peut expliquer la récente accélération de la fonte des glaciers. En revanche, si ce plancher chaud est très étendu, ce qui reste difficile à évaluer, il est indispensable de le prendre en compte dans les modélisations de l'avenir du Continent blanc, qu'il pourrait rendre plus instable que prévu. **Y.S.**

## L'EVEREST S'EST DÉPLACÉ

Le séisme népalais du 25 avril a déplacé l'Everest de 3 cm vers le sud-ouest, selon des scientifiques chinois. Un accro temporaire : la dérive des continents le déplace ordinairement de 4 cm par an... vers le nord-est. **Y.S.**

## LA FEMELLE POISSON-SCIE SANS MÂLES

Pour pallier le manque de mâles poissons-scies, victimes de surpêche, les femelles se reproduisent toutes seules ! Des chercheurs américains ont révélé grâce à l'ADN que 3 % des spécimens d'un estuaire de Floride sont nés par reproduction asexuée. **M.S.**

## UN LAC EN PLEIN SAHARA

Selon une équipe britannique, il y a 6 000 ans le lac Tchad était 1 000 fois plus grand qu'aujourd'hui, soit la plus vaste étendue d'eau douce de la planète (360 000 km<sup>2</sup>). Un brusque changement climatique aurait asséché en quelques siècles le sud du Sahara. **Y.S.**

TOXICOLOGIE

## Marées noires : le dauphin est bien vulnérable

Les dauphins sont-ils vulnérables aux marées noires malgré leur grande mobilité ? On soupçonnait bien un impact sur leurs glandes surrénales et un risque accru de pneumonie, mais sans certitude. BP, responsable d'une marée noire historique dans le golfe du Mexique en avril 2010, a financé des recherches sur le sujet... qui ont confirmé ces craintes. Les lésions des glandes surrénales affectaient 33 % des dauphins échoués près de la marée noire, contre 7 % de ceux provenant d'ailleurs ; ces chiffres étant respectivement de 22 % contre 2 % pour les pneumonies. **Y.S.**



> L'intoxication touche les glandes surrénales et le système respiratoire.

# NOUVELLE TOYOTA AVENSIS

PACK SÉCURITÉ TOYOTA SAFETY SENSE™ DE SÉRIE



TOUJOURS  
MIEUX  
TOUJOURS  
PLUS LOIN



AVENSIS EXECUTIVE BERLINE SURÉQUIPÉE  
à partir de

**299 €/MOIS<sup>(1)</sup>**

LOA\* 37 MOIS. 1<sup>ER</sup> LOYER DE 5000 € SUIVI DE  
36 LOYERS DE 299 €/MOIS. MONTANT TOTAL  
DÛ EN CAS D'ACQUISITION : 30764 €.

**ENTRETIEN INCLUS\*\*  
SANS CONDITION DE REPRISE**

DÉCOUVREZ TOUTES LES FONCTIONS DU  
TOYOTA SAFETY SENSE<sup>(2)</sup> :

- SYSTÈME DE SÉCURITÉ PRÉCOLLISION
- GESTION AUTOMATIQUE DES FEUX DE ROUTE
- ALERTE DE FRANCHISSEMENT DE LIGNE
- LECTURE DES PANNEAUX DE SIGNALISATION

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

Consommations mixtes (L/100 km) de 4,2 à 6,4 et émissions de CO<sub>2</sub> (g/km) de 108 à 148 (B à D). Données sous réserve d'homologation (CE).

(1) Exemple pour une Toyota Avensis 112 D-4D Berline Executive neuve au prix exceptionnel de 26500 €, remise déduite de 4000 €. \*Location avec Option d'Achat 37 mois, 1<sup>er</sup> loyer de 5000 €, suivi de 36 loyers de 299 €/mois hors assurances facultatives. Option d'achat : 15 000 € dans la limite de 37 mois & 45000 km. Montant total dû en cas d'acquisition : 30764 €. Assurance de personnes facultative à partir de 29,15 €/mois en sus de votre loyer, soit 1078,55 € sur la durée totale du prêt. **Modèle présenté : Toyota Avensis 143 D-4D Break Touring Sports Executive** peinture métallisée et option jantes alliage 18" incluses, au prix de 29420 € remise de 4000 € déduite, à 369 €/mois en LOA\* 37 mois. 1<sup>er</sup> loyer de 5000 € suivi de 36 loyers de 369 €/mois. Option d'achat : 15850 € dans la limite de 37 mois & 45000 km. Montant total dû en cas d'acquisition : 34134 €. Assurance de personnes facultative à partir de 32,36 €/mois en sus de votre loyer, soit 1197,32 € sur la durée totale du prêt. (2) Le fonctionnement des dispositifs d'aide à la sécurité Toyota Safety Sense™ dépend de facteurs extérieurs. \*\*Entretien inclus dans la limite de 3 ans & 45 000 km (au 1<sup>er</sup> des 2 termes atteint). Offre réservée aux particuliers, valable jusqu'au 30 septembre 2015 chez les distributeurs Toyota participants et portant sur le tarif en vigueur au jour de la souscription du contrat. En fin de contrat, restitution du véhicule dans votre concession avec paiement des frais de remise en état standard et des éventuels kilomètres excédentaires. Sous réserve d'acceptation par Toyota France Financement, 36 bd de la République 92423 Vaucresson, RCS 412 653 180 - n° ORIAS 07 005 419 consultable sur [www.oriass.fr](http://www.oriass.fr)

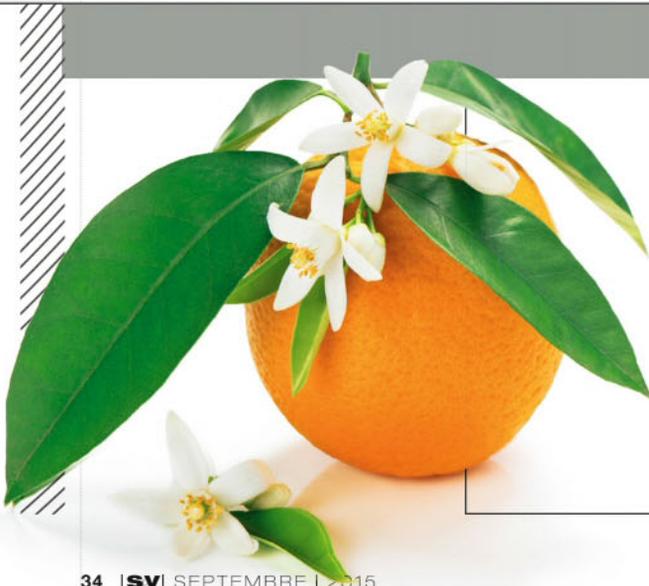
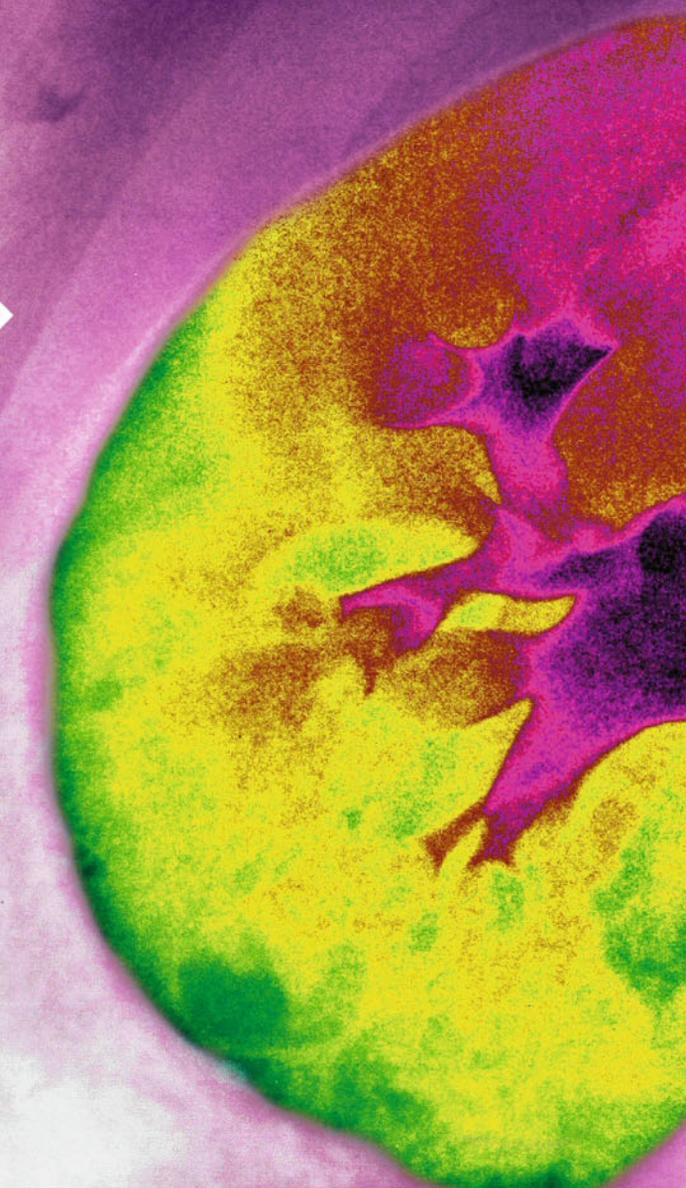
PHYSIOLOGIE

# NOUS N'AVONS PAS TOUJOURS L'ÂGE DE NOS ORGANES

L'expression "ne pas faire son âge" a désormais un fondement scientifique depuis qu'un millier de Néo-Zélandais – tous âgés de 38 ans – se sont vu attribuer un âge biologique après s'être soumis à toutes sortes d'analyses : fonctionnement des reins, du cœur, des poumons, taux de cholestérol ou de globules blancs... A partir de 18 paramètres, l'équipe de Daniel Belsky (université Duke, Etats-Unis) a donné aux participants des âges biologiques compris entre 28 et... 61 ans ! Plus étonnant encore, ceux qui avaient un âge biologique élevé étaient aussi ceux qui, d'après un groupe d'étudiants chargés d'estimer leur âge à

partir de photographies, avaient l'air les plus âgés. En examinant la valeur de certaines caractéristiques biologiques de ces mêmes personnes à 26 et 32 ans, les chercheurs ont pu calculer la vitesse de vieillissement. Sans surprise cette fois, les sujets qui avaient un âge biologique plus élevé que leur âge réel étaient ceux qui avaient vieilli le plus vite. *"On associe souvent le vieillissement à un phénomène tardif. Or il est en œuvre dès la vingtaine et peut-être même plus tôt"*, conclut Daniel Belsky. Reste à déterminer les raisons de ces inégalités. *"Ce sera l'objet de notre prochaine étude"*, confie le chercheur.

C.H.



CANCÉROLOGIE

## Trop d'agrumes favorisent le cancer

Les fruits semblaient pourtant ne nous vouloir que du bien... Mais une équipe de l'université Brown, aux Etats-Unis, a analysé l'alimentation et l'incidence de mélanomes chez plus de 100 000 individus, suivis pendant vingt-quatre ans. Résultat : plus la consom-

mation d'agrumes (en particulier de pamplemousse) était importante, plus l'incidence de ce cancer de la peau était élevée. Le risque était même accru de 36 % pour les individus consommant plus de 1,6 agrume par jour en moyenne. Un effet peut-être dû à leur

### UN REMÈDE CONTRE LE DOUBLE MENTON

L'agence sanitaire américaine vient d'autoriser la vente du premier médicament destiné à la réduction du double menton ! Nommé Kybella, ce produit injectable à base d'acide biliaire détruit les cellules graisseuses. E.A.

### LE CHOLÉRA A UN NOUVEAU VACCIN

Un vaccin oral et peu coûteux conférerait une bonne protection contre les formes graves du choléra, selon un essai réalisé au Bangladesh sur près de 270 000 enfants et adultes. C.T.

### UN VIRUS D'ÉCUREUIL MENACERAIT L'HOMME

Un virus baptisé VSB-1 a été retrouvé chez trois éleveurs de rongeurs décédés d'encéphalite et un de leurs écureuils. Selon le chercheur qui a dirigé l'étude, il s'agirait d'une maladie mortelle transmissible à l'homme. T.C.-F

### GÉNÉTIQUE

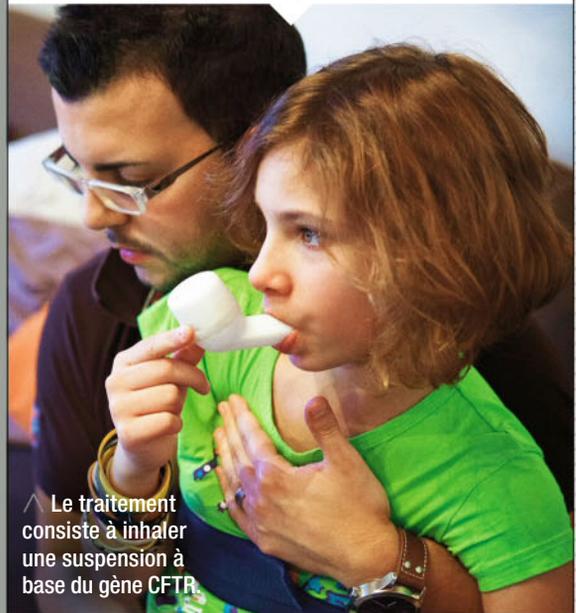
## Une thérapie génique contre la mucoviscidose a réussi

Deux cents enfants naissent chaque année en France avec la mucoviscidose, une maladie génétique caractérisée notamment par des troubles respiratoires croissants et provoquant la mort à 29 ans en moyenne. Alors qu'aucun traitement curatif n'est actuellement disponible, un essai de thérapie génique (qui consiste à apporter aux cellules des patients une version fonctionnelle du gène qui, chez eux, est défectueux) vient pour la première fois de démontrer son efficacité. Cent quarante patients ont inhalé tous les mois pendant un an soit un placebo, soit une suspension de molécules d'ADN contenant la version fonctionnelle du gène CFTR qui, chez eux, est muté. Au bout d'un an, ceux ayant reçu le placebo ont vu leur fonction pulmonaire diminuer de 4 % en moyenne, contre seulement 0,4 % chez ceux ayant reçu le traitement. Aucun effet secondaire grave n'a été noté. Les résultats sont encore modestes, certains patients n'ayant pas semblé répondre au traitement. Les chercheurs envisagent donc maintenant de l'améliorer en augmentant la fréquence d'inhalation, la dose et/ou en combinant ce traitement avec d'autres molécules. E.A.

▲ Le fonctionnement des reins, notamment, révèle un âge biologique parfois très différent de l'âge réel.

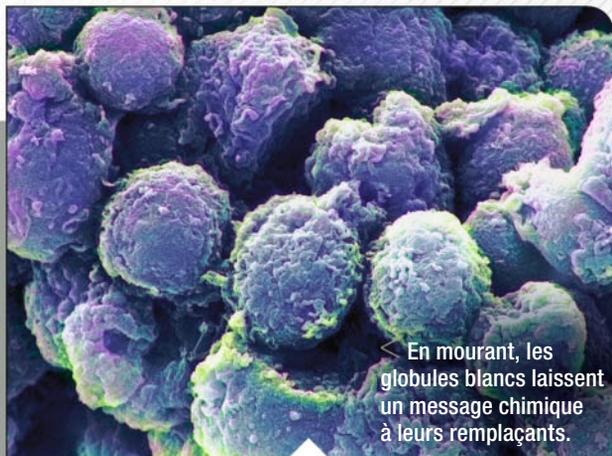
## de la peau

forte concentration en psoralènes, des molécules qui augmentent la photosensibilité de la peau. Quoi qu'il en soit, cet effet néfaste est très probablement compensé par les effets protecteurs des agrumes contre de nombreuses autres maladies. E.A.



▲ Le traitement consiste à inhaler une suspension à base du gène CFTR.

BSIP - FOTOLIA - GETTY IMAGES



En mourant, les globules blancs laissent un message chimique à leurs remplaçants.

IMMUNOLOGIE

## LE GLOBULE BLANC A UNE FIN EXPLOSIVE

Avant de mourir, les globules blancs envoient un dernier message chimique destiné aux futures générations de cellules immunitaires. Une sorte de testament renfermant de précieuses informations sur la manière de lutter contre les infections. Et cela d'une manière jamais observée ailleurs ! En filmant pour la première fois les toutes dernières minutes d'une de ces cellules, une équipe austra-

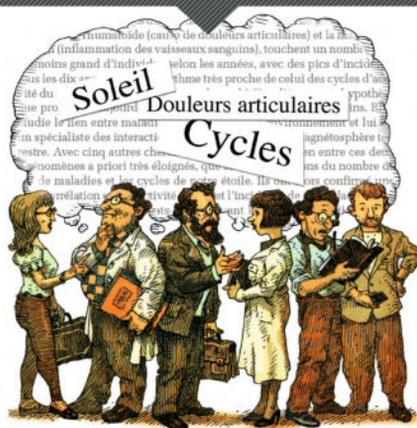
lienne a découvert qu'avant d'exploser, la membrane formait à sa surface de petites vésicules reliées entre elles comme des perles sur un fil et contenant chacune des morceaux de la cellule mourante. Une par une, les perles sont ensuite séparées du reste du collier et avalées par les cellules environnantes. Ce démantèlement très organisé serait un rouage capital de nos défenses immunitaires. **E.H.**

NEUROLOGIE

## Une bonne mémoire olfactive favoriserait l'obésité

Pourquoi ne sommes-nous pas tous égaux face à l'appel du pop-corn ou des frites ? Une nouvelle explication vient d'être proposée par des chercheurs américains qui ont observé, par des tests sur 25 puis 57 participants, que plus ces derniers semblaient capables de se remémorer l'odeur des aliments, plus leur silhouette était ronde. Si personne n'est insensible à l'odeur d'un gâteau sorti du four, il suffirait à certains de l'imaginer pour s'ouvrir l'appétit ! **E.A.**

## Ça reste à prouver

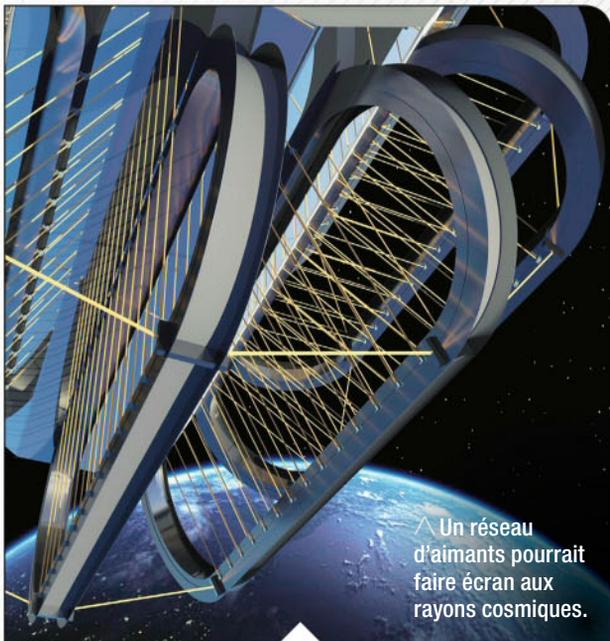


## Un lien entre les rhumatismes et les cycles solaires ?

Deux maladies liées à des dysfonctionnements du système immunitaire, la polyarthrite rhumatoïde (cause de douleurs articulaires) et la maladie de Horton (inflammation des vaisseaux sanguins), touchent un nombre plus ou moins grand d'individus selon les années, avec des pics d'incidence tous les dix ans environ. Un rythme très proche de celui des cycles d'activité du Soleil. Et si ce n'était pas un hasard ? C'est l'étonnante hypothèse d'un couple de scientifiques américains. Elle étudie le lien entre maladies auto-immunes et environnement, il est spécialiste des interactions entre vents solaires et magnétosphère terrestre. Avec cinq autres chercheurs, ils ont confirmé une forte corrélation entre l'activité solaire et l'incidence de ces maladies dans la région de Rochester (Etats-Unis) durant la deuxième moitié du XX<sup>e</sup> siècle. Reste à étudier d'autres régions du globe mais, déjà, les auteurs avancent un début d'explication : l'activité magnétique terrestre. Celle-ci varie en fonction de l'activité solaire. Or, d'après une étude de 2006, elle pourrait influencer la production de mélatonine, soit une hormone agissant sur le système immunitaire... **E.A.**

D. MCCARTHY/SP/COSSMOS - S. AQUINO





▲ Un réseau d'aimants pourrait faire écran aux rayons cosmiques.

TECHNOLOGIE SPATIALE

# UN BOUCLIER EST EN PRÉPARATION POUR LES ASTRONAUTES

“C’est la solution la plus crédible, assure Bertrand Baudouy. Les blindages utilisés actuellement sont trop lourds et ne protègent pas des particules à haute énergie.” Le physicien du CEA (Commissariat à l’énergie atomique) s’apprête à rendre sa copie: au sein d’une équipe menée par l’Institut de physique nucléaire italien, il a travaillé à la conception d’un bouclier magnétique capable de faire écran aux rayons cosmiques et aux particules solaires. De quoi protéger les astronautes en dehors de la magnétosphère protectrice de la Terre... durant un long

voyage, jusqu’à la planète rouge, par exemple. “C’est l’un des gros problèmes à résoudre pour pouvoir programmer une mission vers Mars”, précise Roberto Battiston, président de l’Agence spatiale italienne, qui coordonne le projet. Durant un an, les chercheurs ont exploré toutes les configurations possibles, travaillé les matériaux, le refroidissement... et sont parvenus à brosser les contours d’un bouclier efficace: une structure d’aimants supraconducteurs déployés sous la forme d’un réseau de fils qui entoure la navette. Reste à tester un prototype. **M.F.**

## SILICIUM EXPLOSIIF

En soumettant des bouts de silicium à de puissantes impulsions laser, une équipe internationale a provoqué des micro-explosions et observé que les atomes se réarrangeaient pour former une nouvelle structure cristalline. De quoi fabriquer de nouveaux composants électroniques. **M.F.**

## UN AIRBUS ÉLECTRIQUE

Pour la première fois, un avion tout électrique a traversé la Manche. L’E-fan d’Airbus a couvert les 74 km en 36 minutes, grâce à deux électromoteurs totalisant 60 kW. **M.V.**

## DES VITRES À TEINTE VARIABLE

Pour moduler la luminosité et la couleur des fenêtres, des chercheurs de Cincinnati ont élaboré un film transparent à y coller, inspiré de l’encre électronique des liseuses. Selon la tension électrique appliquée, les particules colorées et chargées sont plus ou moins visibles. **O.L.**

MATÉRIAU

## Un microtubule joue les super micropinces

Avec cette spirale translucide, attraper de minuscules objets ultra-fragiles devient possible. Inventé par des chercheurs de l’université de l’Iowa, ce tentacule se compose d’un microtubule de 8 mm de longueur et 0,25 mm de diamètre. Pour le fabriquer, les chercheurs ont plongé une petite corde cylindrique dans de l’élastomère liquide, puis l’ont laissée sécher horizontalement. Une fois la corde enlevée, le revêtement forme un microtentacule qui, lorsqu’on lui injecte de l’air, se courbe et peut saisir des objets avec délicatesse. Idéal pour des applications médicales. **S.F.**

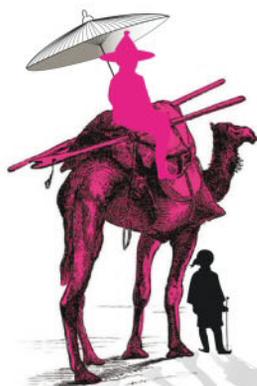


> Ce microtentacule en élastomère, solide et flexible, convient aux opérations minutieuses et délicates.



entrez ici,  
vous êtes  
ailleurs...

Flânez,  
partagez,  
découvrez,  
débattez...



Vous êtes  
dans une librairie  
indépendante!



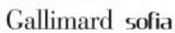
**LIBRAIRIES  
INDÉPENDANTES**

[www.librairiesindependantes.com](http://www.librairiesindependantes.com)

Création: LesFemmes pour le Syndicat de la Librairie Française (SLF), Identité: «nouvelle» Work Division/Agence sociale. Coordination: Marie Tallefer pour le SLF. Photographie: Vincent Bourton. Illustrations: L'Esprit, Fotballa E. Guillemin-Neschez, Nicolas Dentso.



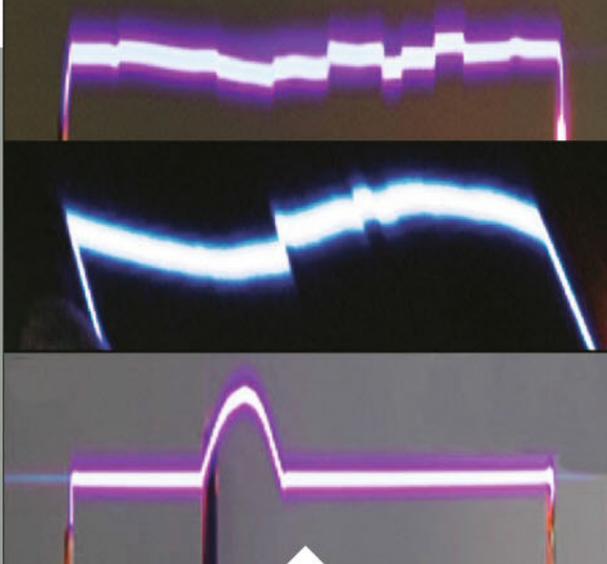
Avec le soutien de :



Retrouvez sur notre site les librairies les plus proches de vous.



✓ Les physiciens sont capables de guider la foudre entre deux électrodes (ici, trois arcs qu'ils ont réussi à former).



ÉLECTRICITÉ

# UN LASER RÉUSSIT À TORDRE LA FOUDRE

C'est un vieux fantasme. Un pouvoir de super-héros. Si les paratonnerres sont capables d'accroître la probabilité de voir la foudre frapper à un endroit précis, la trajectoire des éclairs restait imprédictible... Une équipe internationale de physiciens vient pourtant de réussir à la commander.

A l'aide de lasers qui produisent des ondes de lumière de formes particulières, les physiciens ont ionisé l'air jusqu'à ce qu'il chauffe et forme un chemin de plasma irrésistible : l'arc électrique qui se forme spontanément entre deux électrodes soumises à une forte différence de potentiel l'a alors suivi. Modulant la

forme de leur faisceau laser, les voilà donc capables de commander avec précision la forme de toute décharge électrique. Ils sont même parvenus à tordre la foudre jusqu'à lui faire prendre la forme d'un "S" ou lui permettre d'éviter un obstacle.

*"Grâce à cette technique, on peut guider n'importe quel courant suivant une trajectoire précise, explique Matteo Clerici, qui a mené les recherches. Cela pourrait être utile pour protéger des bâtiments contre la foudre, mais aussi pour de nombreuses machines ou pour les moteurs à combustion qui fonctionnent à partir de décharges électriques."*

M.F.

TRAITEMENT DU SIGNAL

## La voix intérieure peut bel et bien être audible

Des chercheurs de l'Institut de technologie de Karlsruhe (Allemagne) ont réussi à faire entendre tout haut, *via* un système de synthèse vocale, la "voix intérieure" de personnes en train de lire un texte. Un exploit dû à des électrodes implantées à la surface du cerveau enregistrant les ondes cérébrales, et à un système d'intelligence artificielle traduisant ces ondes en phrases. Bien qu'intrusive, cette méthode pourrait permettre à des individus privés de parole de se faire entendre. R.I.

> C'est sur ce jouet qu'un système a démontré que l'énergie de friction peut devenir motrice.



ÉNERGIE

## Pour rouler, les frottements ne sont plus forcément un frein

Des ingénieurs de l'université Wisconsin-Madison ont inventé une roue capable de récupérer l'énergie de sa friction avec le sol – c'est le principe de la triboélectricité. Pour cela, une électrode est intégrée à la roue et sera, à chaque tour, mise en contact avec le sol. Ce frottement produit un courant électrique dans l'électrode, qui peut alors être utilisé par le véhicule. Plus celui-ci est lourd et rapide, plus la production d'électricité est importante. Les chercheurs estiment que si 50 % de l'énergie de friction était transformée en électricité, la consommation de carburant serait réduite de 10 %.

S.F.

# OBJECTIF sciences en famille



Croisière spéciale famille, pendant les vacances de la Toussaint du 25 octobre au 1<sup>er</sup> novembre 2015

8 jours / 7 nuits  
à partir de

**890€**

EN PENSION COMPLÈTE  
boissons incluses aux repas  
Au départ de NICE

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

Spécial vacances de la Toussaint  
Gratuité Croisière enfants  
pour les - de 18 ans (1)

+ ANIMATIONS SPECIALES JUNIOR

Voyagez avec vos enfants  
ou vos petits-enfants

Abordez l'Italie, Malte, l'Espagne et les Îles Baléares



A BORD DU COSTA FASCINOSA  
EN PARTENARIAT AVEC



## VOILÀ TOUT CE QUE VOUS ALLEZ FAIRE PENDANT CETTE CROISIÈRE !



Jérôme Bonaldi

Hervé Poirier

### Le plein de connaissances

Lors de conférences avec l'anthropologue **Pascal Picq**, le journaliste **Jérôme Bonaldi**, **Hervé Poirier** de Science&Vie... Les enfants pourront aussi participer aux ateliers de **Robin Jamet** de la rubrique **MAGIC MATHS** de S&V Junior !



Barcelone

### Des escales culturelles

Pour découvrir le colisée de Rome, la citadelle des chevaliers de Malte ou la Sagrada Familia à Barcelone...



### Vous détendre à bord

Grâce au cinéma 4D, à la piscine avec toit ouvrant et écran géant, toboggans, espace de jeux virtuels, salles de jeu...



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

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

RENSEIGNEMENTS & RESERVATION AU :

**01 41 33 57 57**

Du lundi au samedi de 9h à 19h (prix d'un appel local)

EN PRÉCISANT LE NOM DE VOTRE MAGAZINE

OU SUR LE SITE :

[www.croisieres-lecteurs.com](http://www.croisieres-lecteurs.com)

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

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

**SCIENCE & VIE**

C15SVZP

Mme  M Nom : ..... Prénom : .....

Adresse : .....

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

Tél. : \_\_\_\_\_ Email : .....

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

(1) Gratuité Croisière enfants pour les - de 18 ans s'ils partagent la cabine de 2 adultes en cabine triple ou quadruple, hors boissons, taxes portuaires, vols, transferts et forfaits de séjours à bord. Conformément à la loi "Informatique et Liberté" du 6 janvier 1978, nous vous informons que les renseignements ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande et que vous disposez d'un droit d'accès, de modification, de rectification des données vous concernant. Cette croisière est organisée en partenariat avec Costa Croisiers : Costa Croisières S.p.A. France - Atout France 092100081. Science&Vie est une publication du groupe Mondadori France Siège Social : 8 rue François Dry - 92 543 Montrouge Cedex. création, réalisation : aptitude c.m.p.d. Crédits photos : © iStock. © Thinkstock. © Costa Croisiers.



## Echec des maths au collège

# Les clés pour réussir malgré tout

Moins de tableaux d'honneur et davantage de bonnets d'âne: c'est ainsi que l'on peut résumer l'étude Cedre 2014, qui a évalué les acquis en mathématiques de 8 000 collégiens français en fin de 3<sup>e</sup>. Les résultats, parus en juin 2015, ont été comparés à ceux d'une étude de 2008. La mauvaise note est sans équivoque: le nombre de bons élèves a chuté, tandis que l'effectif des groupes de faible niveau a augmenté de

près d'un tiers. Un constat d'autant plus troublant que l'étude internationale Pisa livrait déjà, en 2012, des conclusions comparables (lire "Le rappel des faits").

A quoi tient cette baisse des aptitudes mathématiques? Les deux études pointent un même facteur: les inégalités sociales. Les collégiens issus de milieu très favorisés sont les seuls à avoir amélioré leurs notes.

La réforme du collège, qui va faire évoluer programmes et formats des enseignements à la rentrée 2016, pourra-t-elle redresser la barre? La remontée du niveau en mathématiques dépendra, comme dans les autres disciplines, du soin apporté à la formation des enseignants, de la coordination entre les matières, des moyens alloués... mais aussi de l'attention portée aux fondamentaux propres à la discipline.

De fait, c'est en misant sur le calcul mental,



l'aspect ludique des maths mais aussi leur place dans la société, notamment grâce à l'apprentissage de la programmation, que la réforme entend combattre le déclin des maths. A juste titre: ces points sont considérés par les experts en didactique et en neurosciences comme des facteurs clés de la réussite. En voici les raisons.

### 1 MISER SUR LE SENS INNÉ DU NOMBRE

Contrairement à la géographie, par exemple, les mathématiques sont en partie

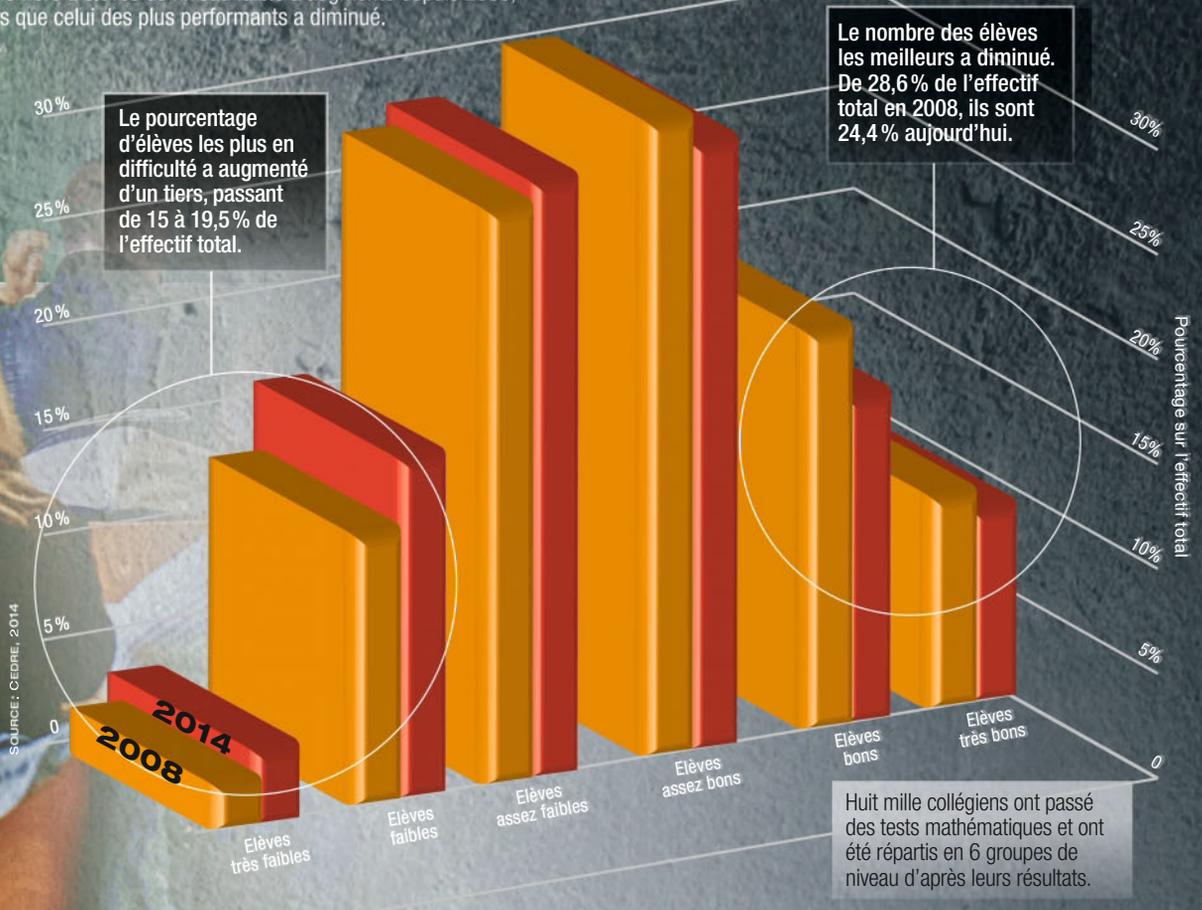
innées. "Leur fondation se situe dans une zone du cerveau postérieur, le sillon intrapariétal, explique Stanislas Dehaene, directeur du laboratoire de neuro-imagerie cognitive de l'Inserm-CEA. C'est là qu'est basé le 'sens du nombre', la capacité à calculer approximativement." Celui-ci est présent juste après la naissance. Une étude parue en 2009 a ainsi démontré que les nourrissons différencient les quantités: ils sont capables de distinguer 4 de 12

### LE RAPPEL DES FAITS

Dès la rentrée 2016, la réforme du collège et les nouveaux programmes scolaires entreront en vigueur. L'occasion d'une refonte d'un enseignement des mathématiques en crise. Comme vient de le montrer l'étude Cedre, en juin 2015, la baisse de niveau et les inégalités sociales se sont aggravées ces dernières années. Un constat déjà observé par l'étude Pisa 2012.

## Plus de mauvais et moins de bons élèves en maths

Le nombre d'élèves de niveau faible a augmenté depuis 2008, alors que celui des plus performants a diminué.



Huit mille collégiens ont passé des tests mathématiques et ont été répartis en 6 groupes de niveau d'après leurs résultats.

après seulement 49 heures d'existence! Puis 4 de 8 dès 6 mois. Plus ou moins pointu selon les individus, ce sens du nombre serait même prédictif des futurs talents mathématiques, selon une étude parue en 2013 dans les comptes rendus de l'Académie des sciences américaines (PNAS).

Heureusement, une plus faible habileté à l'approximation ne condamne pas à être nul en maths. Le sens du nombre peut en effet s'entraîner, et les performances en mathématiques

s'améliorer, comme l'ont démontré les chercheurs américains Jonkoo Park et Elisabeth Brannon en 2013. En outre, les mathématiques "exactes" nécessitent d'autres capacités, comme l'apprentissage

d'un code symbolique, qui mobilise d'autres régions cérébrales: le lobe frontal inférieur gauche, par exemple, aussi utilisé pour l'association entre les mots, ou encore le cortex inféro-temporal, spécialisé dans la

reconnaissance des chiffres arabes. "Un mathématicien activera son sens des grandeurs dès la vision du mot 'trois' ou du symbole '3', et se représentera cette quantité dans l'espace, explique Stanislas Dehaene. Or, →



**STANISLAS DEHAENE**  
Directeur du laboratoire de neuro-imagerie cognitive de l'Inserm-CEA

*Les aptitudes mathématiques peuvent s'entraîner grâce à la formidable plasticité cérébrale*

→ cette aptitude peut se travailler grâce à la formidable plasticité cérébrale, en s'habituant à 'sauter' d'un code à l'autre. Toutes les disciplines mathématiques activent un même réseau d'aires cérébrales, et celui-ci sera recyclé pour accueillir les réflexions des mathématiciens de haut niveau."

## 2 CONSOLIDER LES NOTIONS ACQUISES

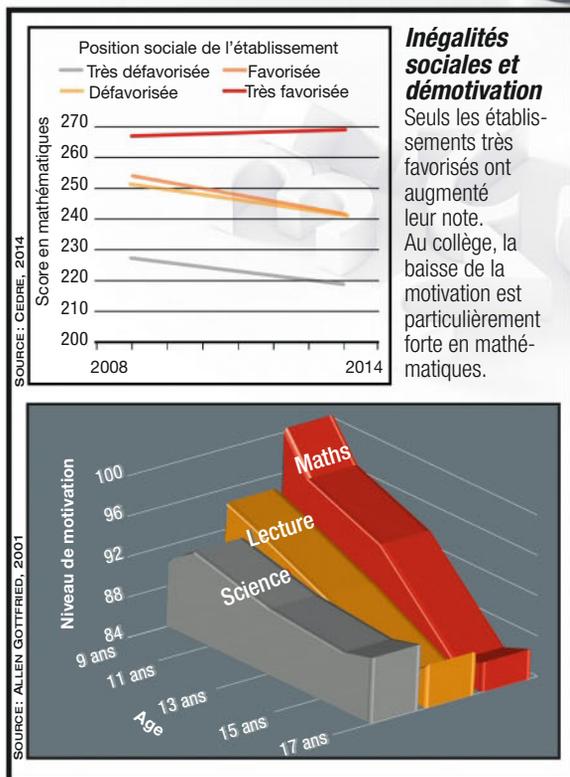
Comme un musicien face à ses gammes, l'élève doit s'entraîner aux mathématiques. Pour progresser, il lui faut apprendre certains calculs par cœur et, surtout, revenir régulièrement sur des notions déjà enseignées. "Les maths sont cumulatives, précise Michèle Artigue, professeur émérite en didactique des mathématiques à l'université Paris-Diderot. Les notions s'imbriquent entre elles et le mur s'écroule sans une base solide. Il faut entretenir et consolider ses connaissances."

Une vision partagée par Alain Mercier, professeur en didactique à l'ENS de Lyon, pour qui "tout ce qui n'est plus enseigné est oublié. Or, contrairement aux

modèles anglo-saxons où chaque notion est abordée comme si on ne connaissait rien à la matière, les programmes français sont linéaires. Mais faute de temps, les enseignants ne récapitulent pas toujours les connaissances. Comment peut-on, par exemple, aborder le théorème de Pythagore sans maîtriser la notion de carré et racine carrée?"

Problème: les allers-retours entre notions, outre qu'ils prennent du temps, peuvent sembler rébarbatifs. D'autant plus qu'entre 10 et 16 ans, la motivation scolaire baisse, comme l'a démontré le psychologue américain Allen Gottfried en 2001. Et singulièrement en mathématiques. Pourquoi? Une étude américaine parue en mai 2015 suggère une réponse: les adolescents sont plus sensibles aux récompenses rapides qu'à un "retour sur un investissement" tardif. "Or, les maths souffrent du 'à quoi ça sert? Tu verras plus tard', déplore Alain Mercier. La majorité des enfants doués sont donc ceux poussés par leurs parents, car c'est dans cette matière que s'effectuent bon

## Des causes identifiées...



nombre de sélections. D'où la différence de niveau entre classes sociales."

## 3 ENSEIGNER DE MANIÈRE LUDIQUE MAIS SÉRIEUSE

Pour la didacticienne Denise Grenier, de l'Institut de recherche sur l'enseignement des mathématiques de Grenoble et de l'équipe

"Maths-à-modeler", il faut rendre plus motivantes les situations d'enseignement. Comment? "Nous plaçons les élèves dans la position d'un chercheur 'en herbe' face à une question particulière et sans limite de temps. Comme il existe plusieurs méthodes pour résoudre le problème posé, diverses notions peuvent être travaillées, en sollicitant tous les types de raisonnement mathématique." En petit groupe, en manipulant des objets, les élèves recourent à des savoirs différents, partagent leurs conjectures et découvrent, de ce fait, la recherche mathématique. "Ces situations sont expérimentées depuis de

## La base décroche, l'élite s'envole

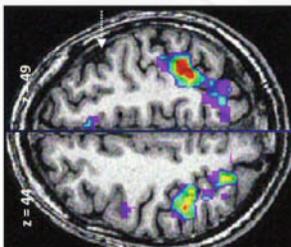
Malgré un enseignement en berne, la France reste une référence dans les mathématiques de haut niveau, avec 11 médailles Fields, dont la dernière en date au Franco-Brésilien Artur Ávila en 2014; aux Olympiades internationales de l'été 2015, les lycéens français ont remporté 3 médailles d'argent et 3 de bronze. Mais les perspectives de carrière ne suivent pas: le nombre de postes de maître de conférences est en baisse (136 en 2010 pour 70 en 2014, selon l'Amies), et les salaires de la recherche sont peu attractifs. Les stars des maths mettent donc la main à la pâte: Cédric Villani, médaillé Fields 2010, entend consacrer un musée aux mathématiques, qui ouvrirait à Paris en 2018.



DENISE  
GRENIER

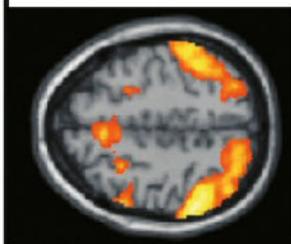
Didacticienne à l'Irem de Grenoble

## ... mais pas de fatalité!



### **Un sens du nombre inné...**

Ce sens du nombre, la faculté à l'approximation, se situe au niveau du sillon intrapariétal. Présent dès la naissance, il peut se travailler et s'entraîner.



### **... essentiel au cerveau mathématique**

Toutes les disciplines mathématiques activent le sens du nombre et le même réseau d'aires cérébrales. Chez les mathématiciens de haut niveau pareillement.

intéressant lorsqu'il était accompagné d'un jeu sérieux, tandis que 86 % des professeurs estimaient qu'une vraie plus-value était apportée à leur enseignement.

Consolider les acquis, développer l'aspect ludique et inviter à la recherche...

Tout cela prend du temps, ce dont manquent justement les professeurs. "Et la réforme prévoit une nouvelle diminution d'une heure de mathématiques par semaine, s'alarme Denise Grenier. L'aide aux devoirs et les enseignements interdisciplinaires sont de bonnes idées, mais pas aux dépens de l'enseignement de la discipline."

Si le projet de réforme prévoit la disparition de certaines notions – une partie de la géométrie notamment – le temps gagné sera utilisé pour l'initiation au codage informatique – qui s'apparente à la démarche expérimentale. Et là, ce sont les enseignants qui devront être formés avec efficacité.

Thomas Cavailé-Fol

**Placer des élèves dans une position de "chercheur en herbe" donne de vrais résultats**

## ALLER PLUS LOIN

A lire : *La Bosse des maths*, de Stanislas Dehaene, éd. Odile Jacob, 2010 ; le dossier "Stratégie mathématiques" sur le site du ministère de l'Éducation nationale.

A consulter : le site internet de l'équipe "Maths-à-modeler", actions, thèmes de recherche, réalisations et jeux mathématiques.

nombreuses années ; elles donnent des résultats étonnants, tant sur la consolidation des acquis que sur l'intérêt pour les maths", assure Denise Grenier.

Les jeux sont aussi des outils d'apprentissage de plus en plus considérés. Echec, bridge, sudoku ou 2048 stimulent l'esprit mathématique, tout comme les casse-tête qui enflamment régulièrement Internet. "Mais il ne suffit pas de jouer, prévient Michèle

Artigue. Toute la difficulté consiste à organiser les jeux de sorte qu'ils génèrent un apprentissage." Des jeux "sérieux" permettent de réviser diverses notions, du calcul mental avec, par exemple, "L'Attrape-nombre", jusqu'aux vecteurs grâce à "La Chasse aux trésors". Avec un réel effet : une étude réalisée par l'académie d'Aix-Marseille sur près de 700 collégiens a démontré que 71 % d'entre eux jugeaient le cours plus

## Vaccins obligatoires ou recommandés



# Désormais, même les médecins doutent de la nécessité de vacciner

PIERRE VERGER

Médecin épidémiologiste, unité Inserm Sciences économiques et sociales de la santé et traitement de l'information médicale

### Science & Vie: Les Français rejettent-ils de plus en plus souvent les vaccins?

**Pierre Verger:** Plutôt qu'un rejet, il faut parler d'une grande "hésitation vaccinale". Un changement est apparu chez les personnes qui constituent une partie de l'opinion vaccinale et ne sont ni des défenseurs acharnés, ni de farouches opposants. Comme ces parents qui, sans remettre en question le principe de la vaccination, tardent à faire

vacciner leurs enfants ou se contentent de la première injection et oublient les autres... Nombre d'entre eux s'autorisent désormais à discuter du bien-fondé de chaque vaccin.

### S&V: Les médecins jouent-ils un rôle dans cette hésitation vaccinale?

**P.V.:** Oui. Ce qui est impressionnant, c'est que les généralistes sont confrontés à de plus en plus de patients qui leur posent des questions. Or, certains médecins hésitent dans leur réponse et peuvent se retrouver sur la défensive... Nos études montrent que près du quart des praticiens émettent eux-mêmes des doutes à l'égard des risques et de l'utilité de certains vaccins. Et le fait qu'un médecin exprime de tels doutes est associé à une moindre recommandation des vaccins. Les généralistes sont un maillon essentiel de la politique vac-

cinale. Leurs hésitations nourrissent celles de la population... et inversement.

### S&V: Le double statut des vaccins, "obligatoires" pour trois d'entre eux (DTPolio) et "recommandés" pour les autres, participe-t-il à cette remise en cause?

**P.V.:** Les vaccins ont toujours été à la croisée de la liberté individuelle et du bénéfice collectif. Se vacciner sert à se protéger soi, mais aussi souvent – et parfois exclusivement – à protéger les autres en ne transmettant plus la maladie. Or, si la notion "d'obligation" est bien rattachée à celle du "bénéfice collectif" [même si, dans le cas du tétanos, la maladie n'est pas contagieuse], la "recommandation" est associée, elle, dans l'esprit des gens, mais à tort, à un besoin sanitaire moins essentiel. C'est pourquoi les risques et l'intérêt individuel de la protection des vaccins

recommandés vont être davantage discutés.

### S&V: Faudrait-il ne garder que la recommandation?

**P.V.:** L'obligation vaccinale ne fait plus l'unanimité, même chez les médecins: 61% estiment que seulement certains de ces vaccins devraient être obligatoires et à peine 24% que tous devraient l'être. Pourtant, il faudra être très prudent avant de lever cette obligation. Le risque serait

de voir chuter le nombre de personnes qui reçoivent les vaccins encore obligatoires, toujours très élevé (autour de 90%), ce qui est loin d'être le cas pour certains vaccins recommandés.

Propos recueillis par  
Caroline Tourbe

## LE RAPPEL DES FAITS

**1<sup>er</sup> septembre 2015 :** remise du rapport parlementaire sur le maintien de l'obligation vaccinale. Le ministère de la Santé doit faire des propositions sur la levée ou l'évolution de la liste des vaccins obligatoires.

**Mars 2014 :** dans un avis, le Haut conseil de la santé publique (HCSP) considère que "le dispositif public de vaccination actuel est complexe, illisible et inégalitaire".

## Des autotests d'infection au VIH arrivent en pharmacie

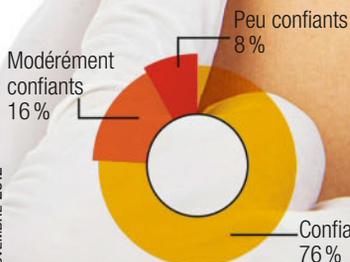
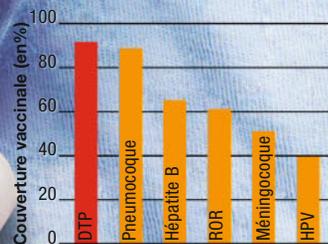
Dès le 15 septembre, les pharmacies françaises proposeront, sans ordonnance, un test d'infection au VIH à réaliser soi-même, en quinze minutes, par simple piqûre du doigt. L'autorisation de ces autotests vise à diminuer le nombre de séropositifs qui s'ignorent (ils seraient 50 000 en France), certains ne souhaitant pas se rendre dans les centres de dépistage. Ce n'est pas la première fois que le dépistage sort du cadre médical: depuis novembre 2010, il peut être réalisé par des associations. Mais cette fois, des personnes pourraient se retrouver seules face à la découverte de leur séropositivité. Cette évolution s'est vue justifiée par le caractère moins anxiogène de la maladie, du fait, notamment, de l'amélioration des traitements. Le sida serait ainsi devenu, en France, une maladie chronique comme une autre. Dont la gestion, comme celle du diabète ou de l'hypertension, s'éloigne peu à peu du cabinet du médecin.

E.A.



### Les vaccins "recommandés" très loin de leurs objectifs

Pour la loi de Santé publique, 95 % de la population devrait être vaccinée. Le DTP, seul vaccin obligatoire, est quasi le seul à s'approcher de cet objectif.



### 24 % des généralistes émettent des doutes sur les vaccins

Les médecins généralistes étaient interrogés sur leur perception des risques et de l'utilité des vaccins.

SOURCES: DREES, "ÉTUDES ET RÉSULTATS", MARS 2015 - INVS, NOVEMBRE 2012

SHUTTERSTOCK - DR - M. KONTEITE



Débat sur le clonage d'animaux de ferme

## La viande issue de clones est-elle comme les autres ?

Ce mois-ci, le Parlement européen va tenter de trancher la question des aliments issus d'animaux clonés (des bêtes génétiquement identiques à d'autres, issues du transfert de l'ADN de l'une dans l'ovule énucléé d'une autre) et de leur descendance.

Alors que 63 % des Européens déclaraient en 2008 ne pas souhaiter en consommer, pour l'instant, ces aliments ne font l'objet d'aucune interdiction dans l'Union européenne.

Certes, aucune demande d'autorisation de mise sur le marché de viande ou de lait de clones n'a été déposée en Europe, mais "il est très probable que

*nous ayons déjà mangé quelques-uns de leurs descendants*", affirme Pascale Chavatte-Palmer, spécialiste du clonage animal à l'Institut national de la recherche agronomique (Inra).

### AUCUN RISQUE A PRIORI

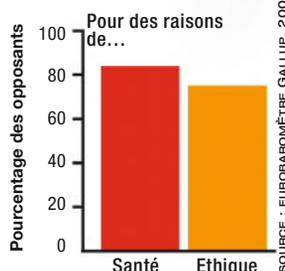
En effet, le clonage à des fins alimentaires n'est pas pratiqué en Europe, mais il se développe depuis dix ans dans de nombreux autres pays (Etats-Unis, Canada, Brésil...), principalement sur des bovins et des porcs. Le but : produire plusieurs copies d'animaux présentant des qualités exceptionnelles (production de lait, croissance...) dans le but, non pas d'en consom-

mer la viande ou le lait – chaque clone coûte plus de 10 000 € –, mais de commercialiser leur sperme ou leurs ovules fécondés (embryons) pour obtenir des descendants présentant les mêmes qualités.

La semence et les produits alimentaires issus de ces descendants peuvent être importés en France sans restriction ni suivi particulier, et ces animaux finir dans nos fermes et dans nos assiettes. "La proportion doit cependant être très faible", précise Pascale Chavatte-Palmer. Aux Etats-Unis, quelques centaines de bovins clonés naîtraient chaque année.

Notre santé est-elle menacée ? Si l'on en croit les

**63 % des Européens n'en veulent pas**



SOURCE : EUROBAROMÈTRE GALLUP, 2008

Les Européens craignent avant tout pour leur santé, mais l'éthique vient juste après.

agences sanitaires américaine, européenne et française, non. La composition du lait et de la viande des clones et de leurs descendants ne diffère pas de celle des autres animaux. Et les tests sur des rongeurs nourris avec ces aliments n'in-



## 6 fois

Sur les sites de recherche d'emploi, les hommes reçoivent des publicités pour des offres dont le salaire dépasse les 200 000 \$ six fois plus souvent que les femmes, d'après une étude américaine. Les discriminations salariales débutent bien avant l'embauche.

## 26 millions

C'est le nombre de personnes qui fuient leur foyer chaque année suite à des catastrophes naturelles, selon l'Observatoire mondial des situations de déplacement interne. Mauvaises infrastructures et politiques de logement inappropriées sont ici plus à blâmer que la nature.



diquent pas de risque. Les études sont peu nombreuses mais “il n’y a aucune raison biologique d’imaginer que les descendants d’animaux clonés soient différents des autres”, affirme la chercheuse.

Pour les clones eux-mêmes, la conclusion est moins évidente. Car les manipulations cellulaires nécessaires à leur fabrication peuvent perturber l’expression de leurs gènes, à tel point que 20 % des veaux clonés meurent après la naissance, contre 5 % habituellement. Ce qui ne représente pas un risque pour notre santé, ces animaux n’étant pas consommés, mais interroge le respect du bien-être animal. **Elsa Abdoun**



**PASCALE CHAVATTE-PALMER**

Spécialiste du clonage animal à l’Inra

*Il est très probable que nous ayons déjà mangé des descendants d’animaux clonés*

SHUTTERSTOCK - DR - S. AGUINDO

**ON TENAIT À VOUS DIRE**



## Mais quand va-t-on enfin se soucier de Cigéo !

Trois décennies de travaux scientifiques, plusieurs colloques internationaux organisés en France, des débats publics sous tension... Le stockage géologique des déchets radioactifs anime toute la société française. Toute ? Non : les parlementaires n’ont toujours pas esquissé le moindre débat sur le sujet. Ces derniers mois, l’Assemblée nationale devait discuter des bases législatives nécessaires à la création du centre d’enfouissement Cigéo, prévu dans la Meuse. Avec comme enjeu la possibilité pour les futures générations de retirer ces terrifiants colis enterrés. Las, il ne s’est rien dit. Ou plutôt : la ministre de l’Ecologie Ségolène Royal n’a pas voulu de Cigéo dans sa loi sur la transition énergétique, pourtant tout indiquée ; après une furieuse partie de ping-pong gouvernemental, un simple amendement a été intégré *in extremis* dans la loi Macron, adoptée sans vote grâce à l’article 49-3. L’énième signe d’un désintérêt regrettable : un tel projet engage notre responsabilité sur plusieurs millénaires et soulève des questions étourdissantes – techniques, humaines et même institutionnelles. Autant de sujets que les politiques ne pourront fuir éternellement. **Vincent Nouyrgat**

## 100 milliards

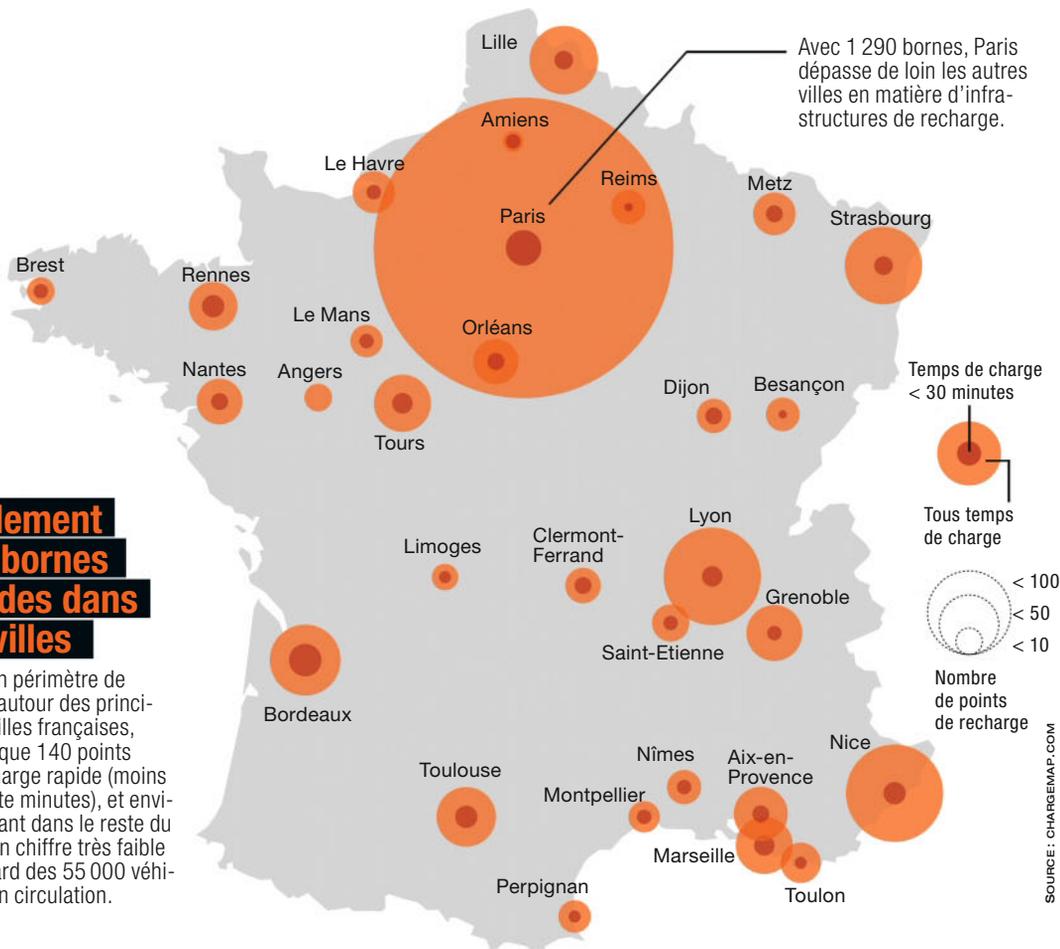
C’est le coût annuel, en euros, de la pollution en France d’après le Sénat. Essentiellement sanitaire, il inclut aussi la baisse des rendements agricoles et la dégradation des bâtiments. La pollution coûte deux fois plus cher à la société que le tabagisme.



## 58 %

C’est la proportion des Français qui ne connaissent pas le numéro de téléphone de leurs enfants, selon Kaspersky Lab. Tout confier à son portable au lieu de solliciter la mémoire a fini par faire de “l’amnésie numérique” une réalité.





**Seulement 140 bornes rapides dans les villes**

Dans un périmètre de 20 km autour des principales villes françaises, il n'y a que 140 points de recharge rapide (moins de trente minutes), et environ autant dans le reste du pays. Un chiffre très faible au regard des 55 000 véhicules en circulation.

Essor de la voiture électrique

# Le temps de recharge freine encore les Français

**LE RAPPEL DES FAITS**

En avril 2015, la vente de voitures électriques a passé le cap symbolique des **1 % du marché français**. Les immatriculations d'hybrides ou d'électriques depuis janvier ont doublé par rapport à la même période en 2014.

Avec 9 500 points de recharge, le réseau pour véhicules électriques en France s'étoffe. Mais seules 3 % des bornes proposent une recharge rapide (trente minutes), nécessaire en cas de long trajet (l'autonomie allant de 120 à 170 km). "La voiture électrique est

adaptée aux trajets quotidiens des Français, de 31 km en moyenne", explique Marie Castelli, secrétaire générale de l'Avère-France (Association pour le développement de la mobilité électrique). C'est pourtant bien l'autonomie qui freine à 64 % les acheteurs, selon

une enquête Ipsos 2014. Sur les 30 000 bornes prévues d'ici à 2020, la plupart sont à charge longue (huit heures); 200 bornes rapides parsèmeront néanmoins le réseau autoroutier. Elles sortiront peut-être l'électrique de son statut de second véhicule.

Thomas Cavallé-Fol

Votre dose quotidienne de savoir



**SCIENCE & VIE TV**

la chaîne pour comprendre

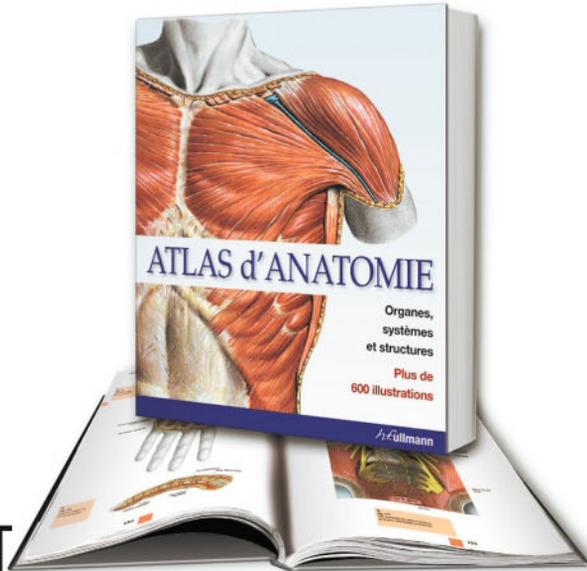
---

@ScienceetvieTV

[www.science-et-vie.tv](http://www.science-et-vie.tv)



Disponible chez tous les opérateurs TV habituels



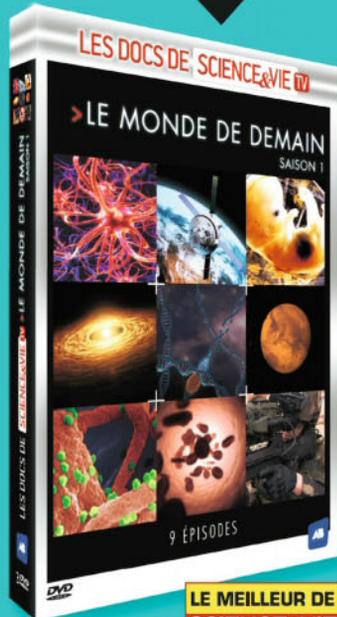
## Connaissez-vous bien votre corps ?

Cet atlas richement illustré vous donne une vue anatomique complète du corps humain : exploration des différents organes, systèmes osseux, musculaires, respiratoires, vasculaires, nerveux et digestifs, pathologies les plus fréquentes...

**Atlas d'anatomie - 19,95 €**

448 PAGES. FORMAT 21,1 x 27,1 CM. ÉDITION ULLMANN.

## > VU SUR SCIENCE & VIE TV



### NOUVEAU

#### Où va le monde ?

Découvrez dans ce coffret DVD Science & Vie TV de quoi le futur sera composé, à travers des images de synthèse exceptionnelles et des interviews d'experts pointus...  
**Fafilez-vous dans les laboratoires**, instituts de recherche, grandes entreprises où les ingénieurs, scientifiques et techniciens inventent le monde de demain...  
**passionnant!**

LE MEILLEUR DE SCIENCE & VIE

**Coffret DVD Science & Vie TV**  
**« Le monde de demain »**

COFFRET 3 DVD. 9 SUJETS DE 52 MINUTES.

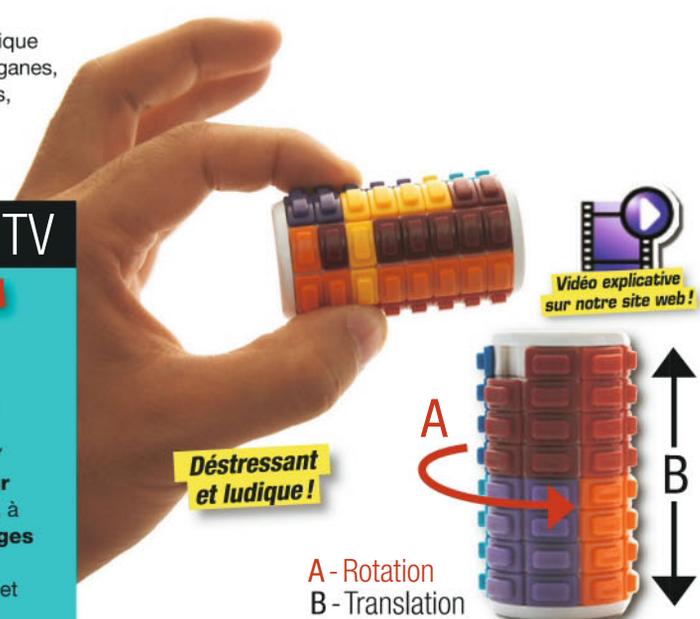
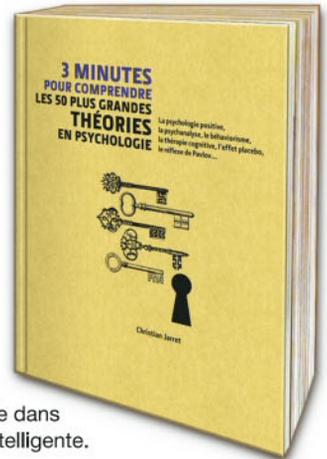
LE COFFRET DVD  
**24,99 €**  
 seulement

## Réflexe de Pavlov, hypnose ericksonienne,

behaviourisme, thérapies cognitives, expérience de Milram... voici quelques concepts qui nous sont clairement et simplement expliqués par d'éminents psychologues et chercheurs en psychologie dans ce livre de vulgarisation intelligente.

## 3 minutes pour comprendre les 50 plus grandes théories en Psychologie - 18 €

FORMAT : 18 x 23 CM. 160 PAGES. LE COURRIER DU LIVRE.



Déstressant et ludique!

A - Rotation  
 B - Translation

Vidéo explicative sur notre site web!

## Essayez-le et vous serez conquis!

Avec le puzzle rotatif ENI, faites et défaites inlassablement des nouveaux motifs colorés en commençant par imiter les patrons fournis. Il suffit de faire glisser les jetons colorés de haut en bas ou de droite à gauche. La difficulté : un seul et unique jeton manque au cylindre! Petit et léger, il vous suit même en voyage.

## Puzzle cylindrique ENI - 17,90 €

LONGUEUR : 6,3 CM. DIAMÈTRE 3,6 CM. ENI PUZZLES.

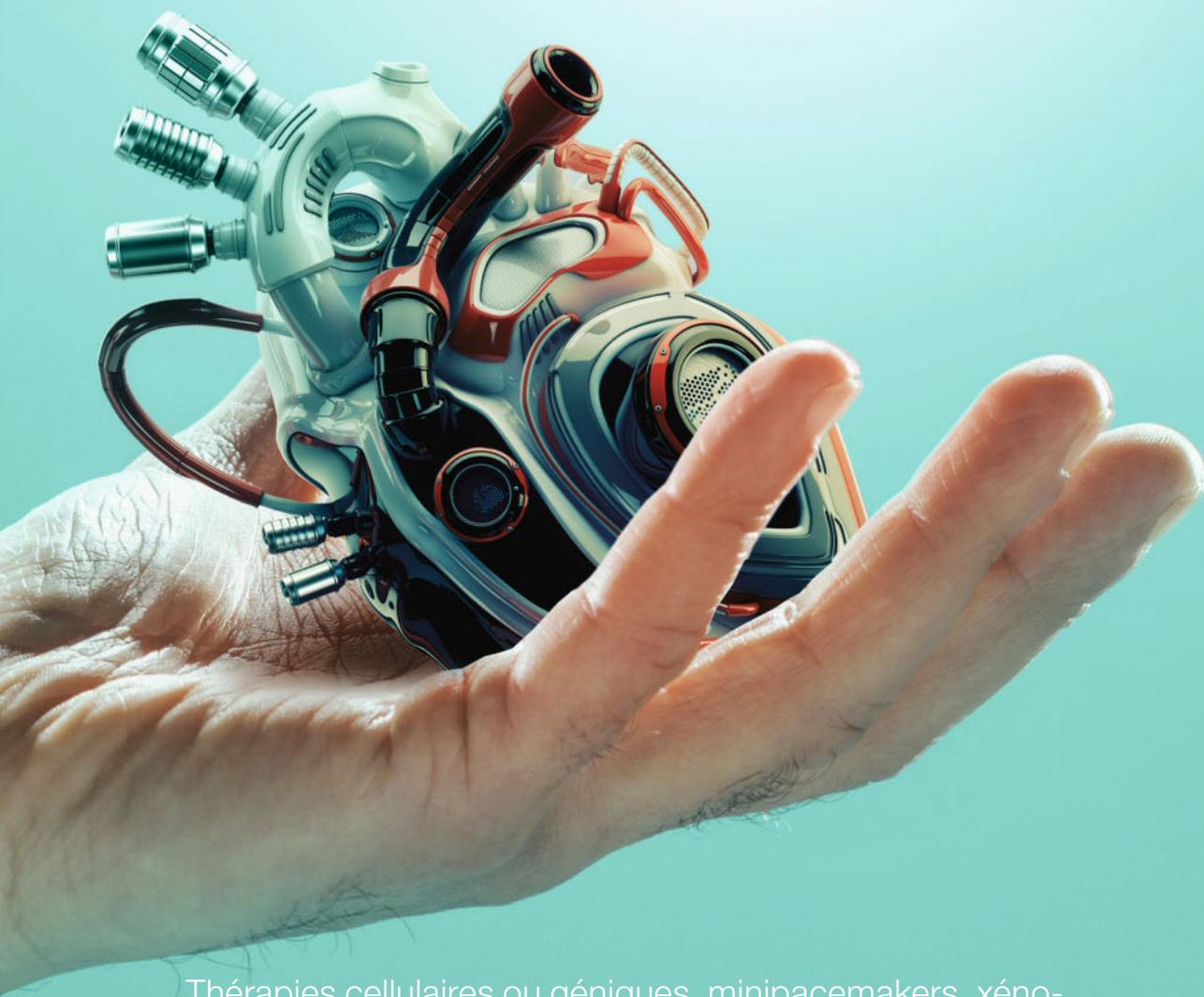
### Exemples de patrons





# LES NOUVEAUX MIRACLES DE LA CHIRURGIE DU

# CŒUR



Thérapies cellulaires ou géniques, minipacemakers, xéno-greffes et même cœur artificiel ne battant plus dans la poitrine mais pulsant le sang en continu... Cinquante ans après la première greffe du cœur, une deuxième révolution est en marche pour remédier au fléau des cardiopathies qui, à elles toutes, représentent la première cause de mortalité dans le monde ! Entre exploits et véritables miracles, voici les projets les plus convaincants qui, à terme, pourraient nous sauver la vie.

*DOSSIER COORDONNÉ PAR CAROLINE TOURBE  
AVEC AUDE RAMBAUD, HÉLOÏSE RAMBERT ET MURIEL VALIN*

**F**ragile et fort à la fois. Avec ses 60 à 80 battements par minute, le cœur est notre organe vital entre tous, celui que le célèbre médecin Claude Bernard, au XIX<sup>e</sup> siècle, désignait comme une “*simple pompe*”. Et il est vrai que le cœur est d’une grande simplicité... mais en apparence seulement. Car, derrière elle, se cache une horloge de haute précision, capable de propulser le sang et d’assurer en continu sa circulation en tout point de notre corps.

Il faut dire que le cœur est un muscle unique en son genre ! Régi par sa propre loi, celle du “tout ou rien”, il se contracte d’un bloc... ou pas du tout. A la différence des autres muscles, dont chaque cellule est stimulée par une terminaison nerveuse, le cœur, lui, est capable de générer de manière spontanée sa propre contraction. Ses cellules produisent elles-mêmes leur stimulation électrique, par une dépolarisation liée au passage d’ions chargés de part et d’autre de leur paroi.

Néanmoins, le cœur n’est pas l’unique maître de son rythme. Ce n’est pas un organe solitaire, il est même directement connecté à notre deuxième centre vital : le cerveau. D’ailleurs, pendant des siècles, les hommes ont pensé que le cœur était le siège de nos émotions. Ces théories, depuis longtemps tombées en désuétude, traduisent cependant une

réalité physiologique : lorsque nous sommes troublés, effrayés, heureux, notre cœur s’emballe...

Mais, plus encore que les émotions, c’est la maladie qui vient rappeler la vulnérabilité du cœur. C’est simple, dans le monde, les maladies cardiovasculaires (voir Jargon, p. 58) sont la première cause de mortalité. En France, elles sont à l’origine de plus de 150 000 décès par an (28 %). Et même si, dans l’Hexagone, cette mortalité a fortement diminué depuis les années 1980, grâce à des campagnes de prévention sur les modes de vie (alcool, tabac, sédentarité...), des signes inquiétants réapparaissent...

### UNE NOUVELLE ÈRE S’OUVRE

Au moment d’écrire ces lignes, tombaient les derniers chiffres de l’OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques). Son rapport “Pour une meilleure santé et qualité des soins” relève que le surpoids et l’obésité chez les adultes progressent en France ; or, il s’agit là d’un facteur de risque important pour les maladies cardio-vasculaires.

Autre sujet d’inquiétude : l’addiction très marquée des Français au tabac. Avec 25,6 % de fumeurs chez les jeunes et 23,3 % chez les adultes, ils restent plus “accros” que la moyenne de l’OCDE (respectivement 19,5 % et 20,9 %). Surtout, alors que certaines

maladies cardiaques régressent chez les hommes, elles explosent chez les femmes (voir ci-contre).

Heureusement, tous les médecins et spécialistes que nous avons interrogés s’accordent sur un point : une nouvelle ère s’ouvre pour la médecine du cœur. Un peu comme lorsqu’en 1967, Christiaan Barnard a changé le cours de l’histoire avec la toute première greffe cardiaque, le XXI<sup>e</sup> siècle annonce pareillement de grands progrès. Qu’il s’agisse de chirurgie de l’extrême – lorsqu’il n’y a plus d’autre solution que remplacer le cœur – ou de réparations toujours plus poussées pour lui rendre sa vigueur, nombre de bouleversements se préparent. Un peu partout sur la planète, et singulièrement en France, où les équipes se distinguent par leur audace, nous avons contacté des pionniers qui commencent à réaliser de véritables miracles – le mot n’est pas trop fort.

Evidemment, s’agissant du cœur artificiel, le monde a suivi l’expérience Carmat, très médiatisée au début de l’été. C’est oublier que d’autres projets sont aussi avancés. La concurrence s’avère stimulante, qui fait naître des solutions totalement surprenantes – jusqu’à imaginer un cœur remplissant son office... sans battre (voir p. 60) !

Et ce n’est pas tout. Qu’il s’agisse de thérapie cellulaire, de thérapie génique ou encore de biotechnologies, voici qu’une multitude de stratégies se retrouvent en première ligne dans la médecine du cœur (pp. 64 et 68). Avec l’espoir d’agir avant qu’il ne soit trop tard en régénérant un organe avant qu’il ne soit trop endommagé.

Egalement en plein boum, la miniaturisation des composants électroniques ou les progrès sur les batteries permettent à des rêves vieux de plusieurs décennies de devenir réalité. Comme ces minipacemakers, entièrement placés dans le cœur, ou ces prothèses toujours plus fiables permettant de pallier les manquements des valves cardiaques (pp. 62 et 66).

Surtout, ces techniques repoussent toujours plus loin les frontières →

## Les objets connectés contre l’épidémie

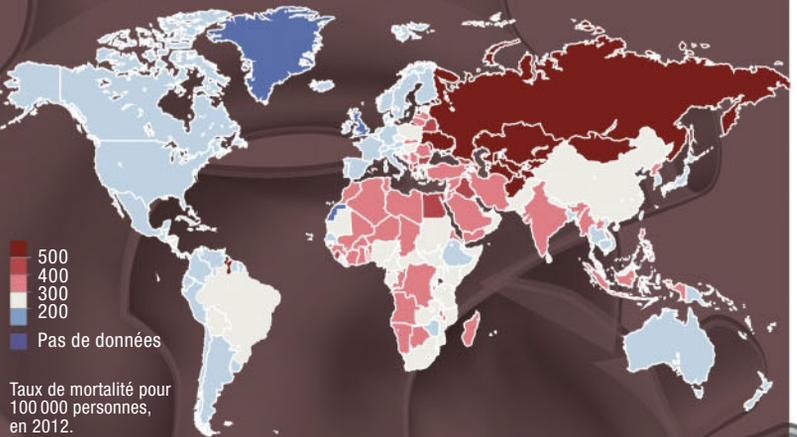
Loin des salles d’opération, les objets connectés ouvrent aussi de nouvelles perspectives pour la santé du cœur. Car ils permettent, à distance et en continu, de mesurer la fréquence cardiaque et de détecter des anomalies en amont, tandis qu’en aval, ils offrent un suivi – les données pouvant être transmises directement au médecin ou enregistrées dans un smartphone. Ces moniteurs cardiaques connectés (LifeTip, AliveCor, etc. sont déjà sur le marché) se présentent sous la forme d’un petit boîtier à clipper sur les sous-vêtements, ou d’électrodes à brancher sur son smartphone. Ils n’ont pas encore reçu d’agrément “dispositif médical”, et aucune étude n’en garantit à ce jour le “service médical rendu”. Mais le Conseil national de l’ordre des médecins a publié un Livre blanc de la santé connectée comprenant six recommandations (scientifiques et juridiques) pour en tirer le meilleur parti. **R.I.**

# Maladies du cœur: la 1<sup>re</sup> cause de mortalité

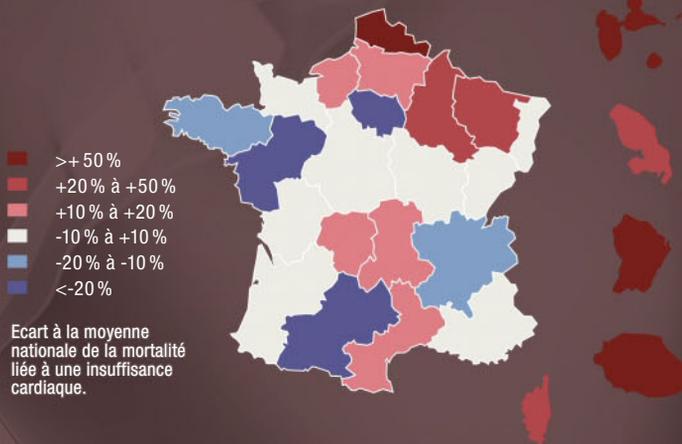
# 17,5

millions de morts par an sont imputables aux maladies cardio-vasculaires. Soit 31 % de la mortalité mondiale. Parmi ces décès, 7,4 millions sont dus à une cardiopathie coronarienne et 6,7 millions à un accident vasculaire cérébral.

SOURCE : OMS, 2014

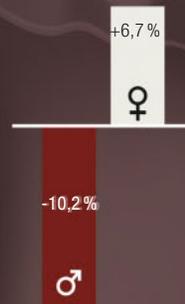


## En France, les disparités sont fortes selon les régions et selon le sexe



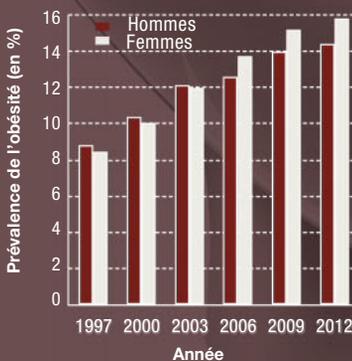
SOURCE : BEH, 2014

Ecart à la moyenne nationale de la mortalité liée à une insuffisance cardiaque.

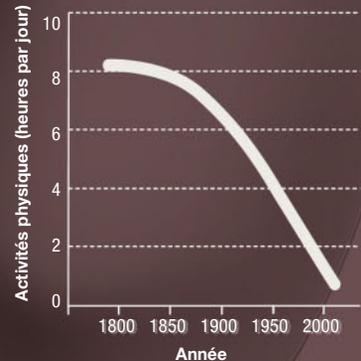
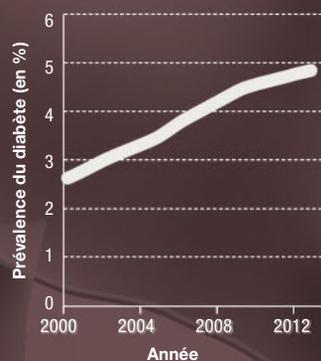


De 2002 à 2008, le nombre de femmes de moins de 65 ans hospitalisées pour cardiopathie ischémique a augmenté; celui des hommes a baissé.

## Les causes de maladies cardio-vasculaires suivent une mauvaise tendance en France



SOURCES : DREES - INVS 2015 - IRMES



d'une discipline qui a connu un essor spectaculaire ces vingt dernières années: la cardiologie interventionnelle. Moins traumatisante que les opérations à cœur ouvert, elle permet de réparer le cœur sans l'ouvrir... Les médecins suivent un chemin naturel au travers des vaisseaux jusqu'au cœur, tout en visualisant leurs gestes sur des écrans. "D'ici quelques années, il est probable que le nombre de chirurgiens cardiaques diminuera car les grosses interventions deviendront l'exception, et on pourra de plus en plus réparer le cœur sans l'ouvrir. C'est le cardiologue interventionnel qui s'en chargera", avance même Philippe-Gabriel Steg, du service de cardiologie de l'hôpital Bichat (Paris).

Pas de doute, le cœur de la médecine bat en ce moment follement pour le nôtre. Des miracles sont en train d'être réalisés. Repoussant toujours plus la fatalité qui, à chaque instant, peut brutalement survenir. **M.V. avec C.T.**

## Jargon

**Maladies cardio-vasculaires:** ensemble des maladies qui touchent le cœur et les vaisseaux sanguins: coronariennes (infarctus, angine de poitrine), du muscle cardiaque (cardiomyopathie), des valves (endocardite, valvulopathie), des vaisseaux (anévrisme)...

**Insuffisance cardiaque:** incapacité du cœur à pomper assez de sang pour répondre aux besoins de l'organisme. Elle se traduit par un essoufflement, une fatigue excessive et le gonflement de certaines parties du corps (foie, veines, jambes). Les causes: cardiopathie ischémique, hypertension artérielle, maladie des valves cardiaques...

**Cardiopathie ischémique** (ou maladie coronarienne): trouble lié à un apport insuffisant d'oxygène dans le muscle cardiaque, qui résulte d'un mauvais fonctionnement des artères, suite à un infarctus du myocarde, une angine de poitrine...

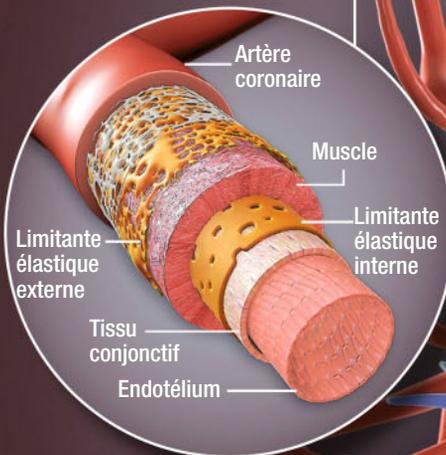
MICHEL SAEMANN

# Une machine parfaite... avec 4 points faibles

A chaque battement, le sang pauvre en oxygène (en bleu), venant des organes, entre dans l'oreillette droite qui le renvoie dans le ventricule droit. Ce dernier l'éjecte alors vers les poumons où il se recharge en oxygène. L'oreillette et le ventricule gauches font de même, mais avec un sang riche en oxygène (en rouge), qui va des poumons vers les organes.

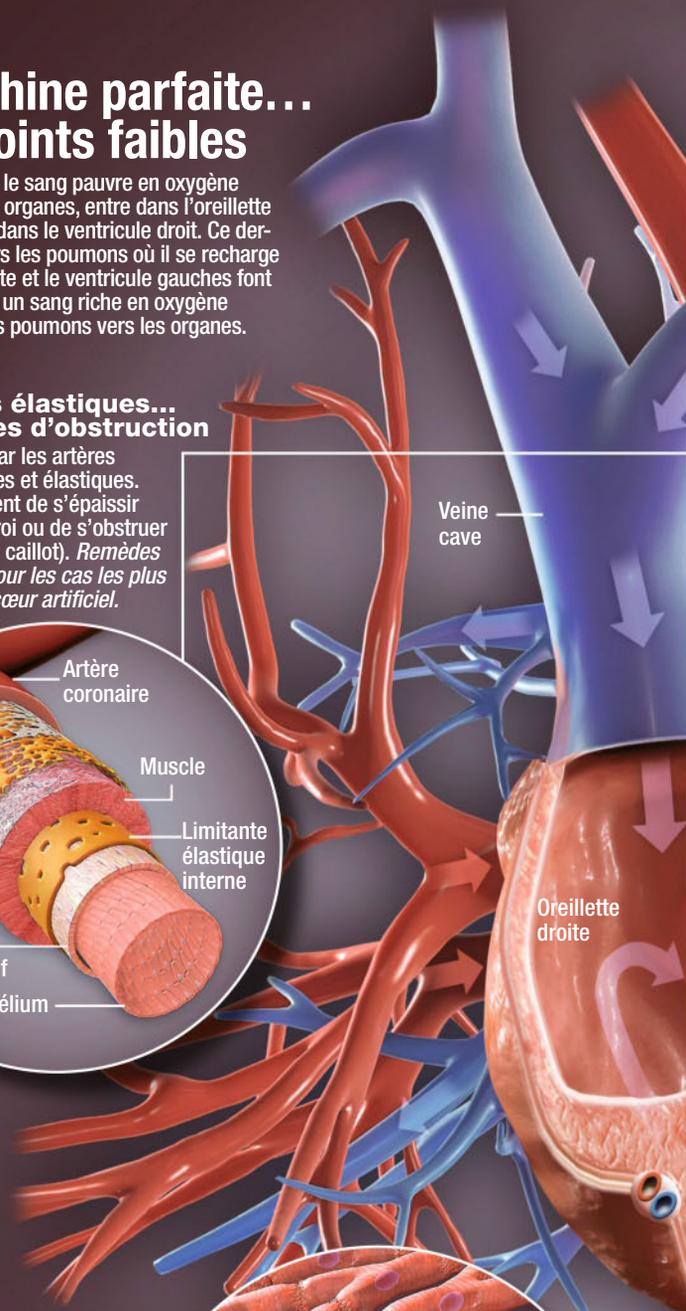
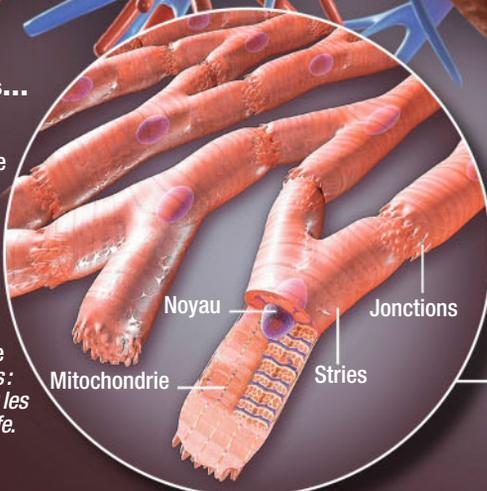
## 1. Des artères élastiques... mais menacées d'obstruction

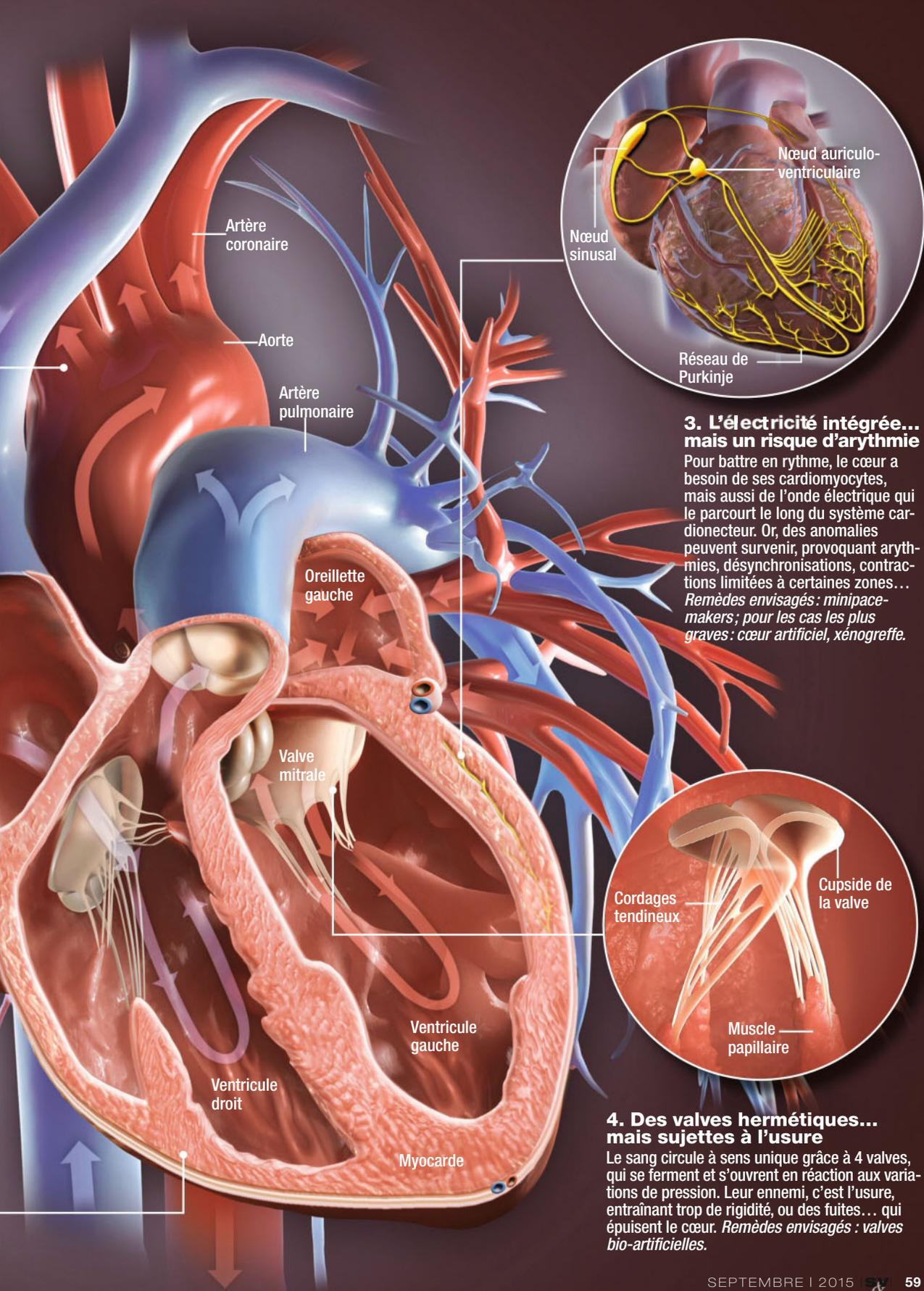
Le cœur est irrigué par les artères coronaires, résistantes et élastiques. Passives, elles risquent de s'épaissir au niveau de leur paroi ou de s'obstruer (plaques d'athérome, caillot). *Remèdes envisagés: stents; pour les cas les plus graves: xénogreffe, cœur artificiel.*



## 2. Des cellules efficaces... mais incapables de se régénérer

Les formidables capacités du muscle cardiaque sont dues aux cardiomyocytes, des cellules dotées de grosses mitochondries et de membranes solidement attachées. Incapables cependant de se renouveler lorsqu'elles meurent (en cas d'infarctus, par exemple), elles laissent alors place à une zone qui ne bat plus. *Remèdes envisagés: thérapies cellulaire et génique; pour les cas graves: cœur artificiel, xénogreffe.*





Artère  
coronaire

Aorte

Artère  
pulmonaire

Oreillette  
gauche

Valve  
mitrale

Ventricule  
gauche

Ventricule  
droit

Myocarde

Nœud  
sinusal

Nœud  
auriculo-  
ventriculaire

Réseau de  
Purkinje

### 3. L'électricité intégrée... mais un risque d'arythmie

Pour battre en rythme, le cœur a besoin de ses cardiomyocytes, mais aussi de l'onde électrique qui le parcourt le long du système cardionecteur. Or, des anomalies peuvent survenir, provoquant arythmies, désynchronisations, contractions limitées à certaines zones...  
*Remèdes envisagés : minipacemakers ; pour les cas les plus graves : cœur artificiel, xénogreffe.*

Cordages  
tendineux

Cupside de  
la valve

Muscle  
papillaire

### 4. Des valves hermétiques... mais sujettes à l'usure

Le sang circule à sens unique grâce à 4 valves, qui se ferment et s'ouvrent en réaction aux variations de pression. Leur ennemi, c'est l'usure, entraînant trop de rigidité, ou des fuites... qui épuisent le cœur. *Remèdes envisagés : valves bio-artificielles.*

# LE CŒUR ARTIFICIEL

## Dépasser la nature avec un cœur qui ne bat plus, mais qui pulse en continu

**S**i le cœur est une pompe chargée de distribuer le sang à l'organisme, est-il pour autant le modèle idéal pour accomplir une fonction aussi vitale? Au lieu de copier la nature à 100 %, ne serait-il pas plus simple de tout remettre à plat? C'est le choix, radical, de certains chercheurs qui planchent sur le cœur artificiel, comme Bud Frazier et Billy Cohn, du Texas Heart Institute.

A la différence du très médiatique cœur artificiel Carmat (ou celui de Syncardia), pompe biomimétique déjà testée sur trois patients (deux décédés à l'heure où nous publions), leur appareil repose sur un principe inédit: il éjecterait du sang de manière continue et non pulsatile. Autrement dit, leur cœur ne bat plus! Une révolution.

Notre organisme peut-il s'adapter à une absence totale de pulsation, particulièrement les vaisseaux, dont



### CHRONOLOGIE

**1967** Première greffe d'un cœur sain à la place d'un cœur malade, par Christiaan Barnard (Afrique du Sud).

**1969** Implantation d'une première prothèse de cœur, par D. Cooley (Etats-Unis), avant une greffe trois jours plus tard.

**2011** Première implantation d'un cœur artificiel qui ne bat pas (Etats-Unis).

**2013** Première implantation d'un cœur artificiel pulsatile (Carmat, France).

**2016** Nouvelles implantations prévues pour le cœur pulsatile et pour le cœur sans battement.

^ Le premier malade à avoir reçu, en mars 2011, ce cœur sans pulsations, a survécu cinq semaines.

les parois élastiques sont justement conçues pour réagir aux variations de débit? Les médecins ne le savent pas encore; pourtant, "cette idée de flux de sang continu, aussi incroyable qu'elle puisse paraître, est une piste vraiment intéressante et crédible", s'enthousiasme Erwan Flécher, chirurgien cardiologue au CHU de Rennes.

En quoi consisterait cette étrange machine? Les médecins se sont inspirés de "l'assistance ventriculaire gauche" (AVG), perfectionnée en 1998: une pompe à jet continu qui sert à court-circuiter le ventricule gauche quand ce dernier n'arrive plus à en-

**ERWAN FLÉCHER**

Chirurgien cardiologue au CHU de Rennes

*Cette idée de flux de sang continu, aussi incroyable qu'elle puisse paraître, est une piste vraiment intéressante et crédible*



« Ceci n'est pas une pompe mais une turbine conçue par le Texas Heart Institute pour remplacer le cœur. »

Il a été le premier homme à avoir vécu sans cœur battant !

Depuis, le projet se poursuit dans la plus grande discrétion au sein de deux laboratoires : le Texas Heart Institute et la clinique de Cleveland (Etats-Unis), qui développe sa propre version. Pour l'instant, aucune de ces équipes ne souhaite communiquer. Rien d'étonnant dans ce milieu hyperconcurrentiel où la bataille médiatique et scientifique fait rage avec les tenants du biomimétisme cardiaque (Carmat).

Une chose est sûre : cette piste va nécessiter de longues phases de développement car certains obstacles demeurent. Un exemple ? *« La turbine utilisée pour pousser le sang peut fragiliser les globules rouges et aussi augmenter le risque d'hémorragie »*, explique Pascal Leprince, chirurgien au service de transplantation de La Pitié Salpêtrière, à Paris. Autre inconvénient : le flux continu a le défaut de ne pas adapter le débit aux besoins du malade, par exemple après un effort.

Malgré ces limites, il pourrait présenter une vraie alternative : *« Demain, le cœur artificiel fonctionnera sûrement sur ce mode, prédit Erwan Flécher. Je pense même que je le connaîtrai dans ma carrière de chirurgien cardiaque, d'ici dix ou vingt ans ! »* **M.V.**

voyer assez de sang oxygéné vers le corps ; le dispositif implanté chez le patient éjecte alors à sa place un flux de sang en continu, sans battement. *« Au début, beaucoup de médecins étaient sceptiques car l'AVG ne fonctionnait pas du tout comme la nature, commente le chirurgien. Mais avec le recul, le système donne satisfaction et permet à des patients de rentrer chez eux et de vivre très correctement. »*

### PETIT, LÉGER, SIMPLE ET DURABLE

C'est ainsi que Bud Frazier et Billy Cohn décident, il y a sept ans, d'étendre le concept en concevant un cœur artificiel total qui ne battrait plus du tout ! Dans leur dispositif, dépourvu d'oreillettes et de ventricules qui se remplissent et se vident par à-coups, le sang pauvre en oxygène circule en continu du cœur vers les poumons, et le sang oxygéné de la même manière vers les organes... Ce flux est assuré par une turbine électrique présente dans chaque circuit (voir infographie, à droite), qui pousse le sang avec un débit constant. Un peu comme l'eau qui sort d'un robinet. Un champ magnétique permet aux différentes pièces (turbine, rotor, stator) de bouger sans être en contact : moins de

frottement, donc moins d'usure. Les autres avantages de cette prothèse : sa petite taille (les cœurs artificiels actuels sont trop gros pour les patients de petit gabarit), son poids léger, sa simplicité et sa durée de vie (jusqu'à dix ans !).

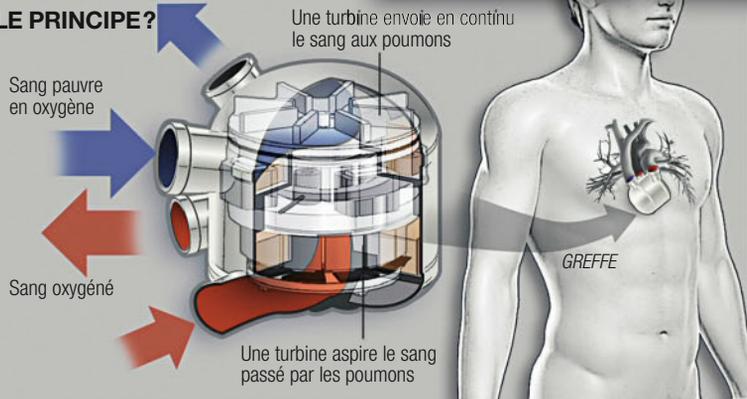
Est ensuite venu le temps des essais... Après plusieurs transplantations parfaitement réussies sur des veaux, Bud Frazier et Billy Cohn ont tenté, en mars 2011, une toute première greffe sur un patient qui se savait condamné. Il est décédé un mois et une semaine plus tard (le premier patient Carmat a vécu, lui, 75 jours). Il n'empêche, la tentative est historique.

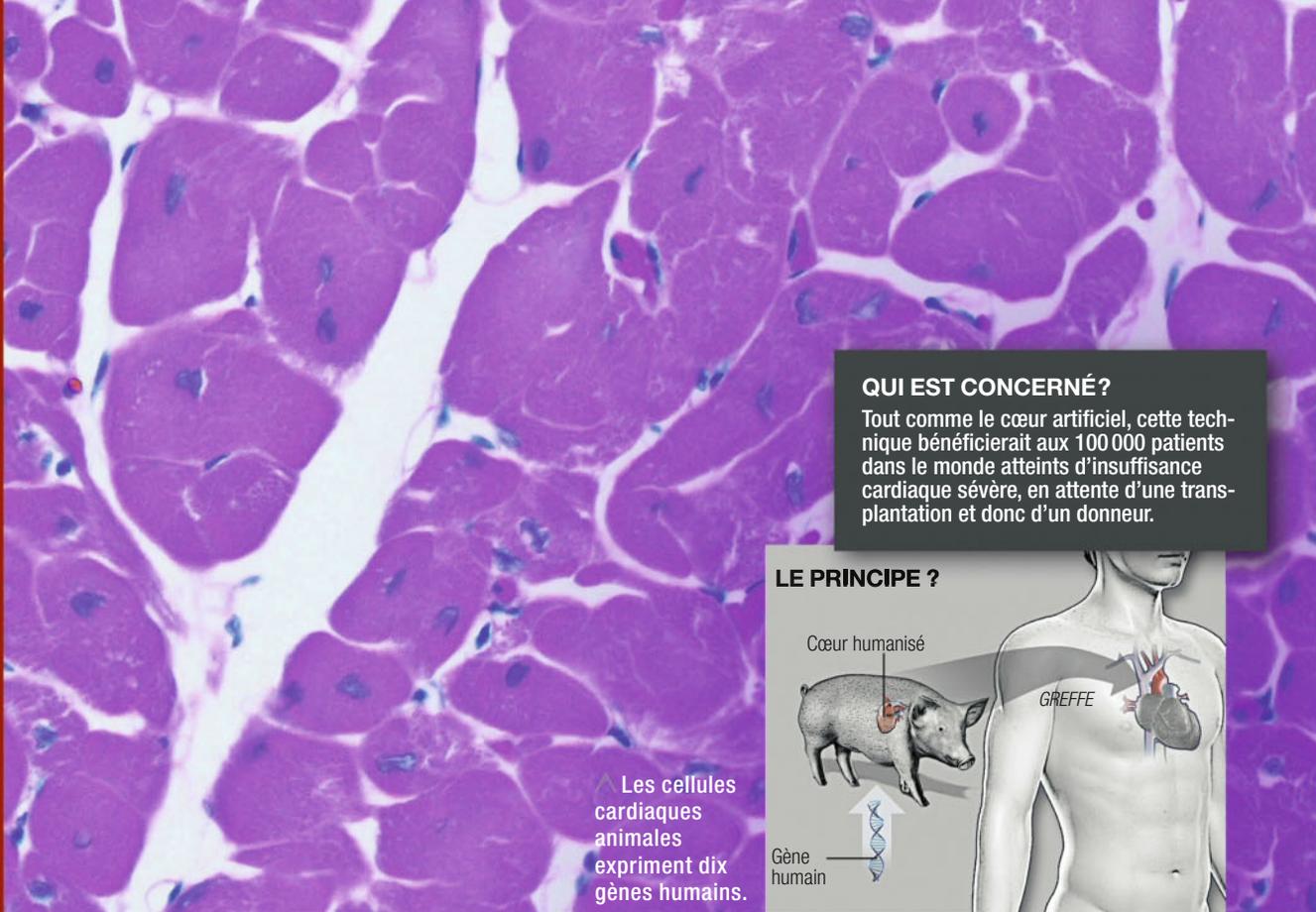
À LA UNE

### QUI EST CONCERNÉ ?

Les 100 000 patients dans le monde atteints d'une insuffisance cardiaque sévère et pour qui la seule solution actuelle est une transplantation.

### LE PRINCIPE ?



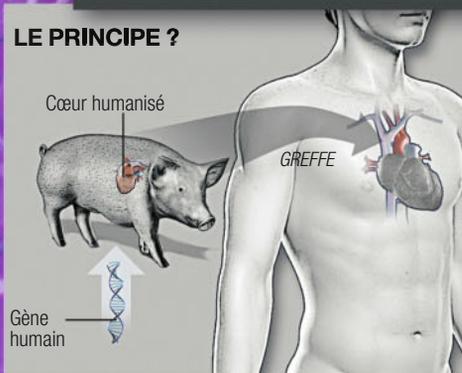


Les cellules cardiaques animales expriment dix gènes humains.

### QUI EST CONCERNÉ ?

Tout comme le cœur artificiel, cette technique bénéficierait aux 100 000 patients dans le monde atteints d'insuffisance cardiaque sévère, en attente d'une transplantation et donc d'un donneur.

### LE PRINCIPE ?



## LE CŒUR RÉPARÉ SANS OUVRIR

# Des stents enfin biodégradables et des valves sans suture ni cicatrice

M. M. MOHIDDIN/CRP/NHLBI/NIH - J. CAVALLINI/BSIP - M. SAEMANN

Implanter des prothèses capables de remplacer ou renforcer une zone fragilisée du cœur sans ouvrir, c'est possible. Il suffit d'une minuscule incision au niveau de l'artère fémorale, dans l'aîne, ou même du poignet pour faire entrer des cathéters qui se faufilent jusqu'à l'organe vital. Cette quête d'une médecine sans cicatrices remonte aux années 1980, lorsque l'imagerie médicale a pu commencer à guider les gestes des médecins à l'intérieur du corps. Mais elle connaît une folle accélération ces dernières années grâce à l'arrivée de techniques et de matériaux inédits. Avec deux grandes bénéficiaires : les artères co-

ronaires et les valves cardiaques (voir "Le principe?" ci-contre). Pour elles, les stents sont sans nul doute des sauveurs !

### RÉSORBÉS AU BOUT DE DEUX ANS !

Ces petits ressorts (de 2,5 à 4 mm) soutiennent et renforcent de l'intérieur les artères affaiblies lorsqu'il existe un risque d'obstruction. Mais ils ne se résument plus à de simples tuteurs en métal : une toute dernière génération de stents, en cours d'évaluation sur 20 000 patients dans le monde, est née... pour disparaître d'elle-même. Biodégradable, elle se résorbe totalement au bout de deux ans !

*"Quand le stent a bien stabilisé la situation, que l'artère n'est plus menacée d'obstruction, il n'est pas toujours souhaitable qu'il reste en place", explique Didier Carrié, chef du service de cardiologie du CHU de Toulouse, qui teste ces nouveaux modèles. Et il vaut même mieux qu'il disparaisse, surtout si le patient est jeune. Etayés par de trop nombreux ressorts métalliques, les vaisseaux perdent de leur indispensable élasticité. Or "les maladies coronariennes peuvent se déclarer tôt, évoluer sur des décennies et donner lieu à la pose de 10 ou 15 stents!"*

Le stent peut aussi permettre le passage d'une prothèse qui va remplacer

# LE CŒUR ANIMAL "HUMANISÉ"

## Une source inépuisable de xénogreffes sans rejet de l'organisme

Qui oserait prétendre vivre un jour avec le cœur d'un animal? Le fantasme est pourtant en train de devenir réalité. Tout repose sur ce chiffre: 945. C'est le nombre de jours pendant lesquels un babouin a vécu avec le cœur d'un cochon greffé dans son abdomen. Le primate ayant gardé son propre cœur, le défi était donc que le greffon ne soit pas rejeté par son système immunitaire. Ces trois ans de survie, un record obtenu par l'équipe de Muhammad Mohiuddin (Institut national de la santé, Etats-Unis), laissent entrevoir une application de la xénogreffe cardiaque (la transplantation du cœur d'une espèce à une autre), à l'humain, qui est aussi un primate.

Normalement, cette opération déclenche un rejet foudroyant. *"Plus les espèces sont éloignées sur l'échelle du temps, plus il y a d'incompatibilités entre donneur et receveur"*, rappelle le chercheur.

### LE COCHON MIEUX QUE LES BABOUINS

Dès 1995, les scientifiques commencent donc à modifier génétiquement des cœurs de porc pour les rendre immunitairement plus proches de l'homme. Jusqu'à aboutir à un cœur contenant dix gènes humains!

Mais pourquoi s'acharner à "humaniser" un cœur de cochon quand celui d'un autre primate serait bien plus proche de nous? Parce que cette proximité est justement le problème.

Des virus intégrés dans leur génome pourraient devenir dangereux pour l'homme. Avec le porc, le risque existe mais il est moindre.

Reste à s'assurer que le cœur étranger permet bien à son hôte de survivre. C'est ce que font deux équipes, l'une à Rochester (Etats-Unis), l'autre à Munich. Elles ont commencé à remplacer intégralement des cœurs de primates par des cœurs de cochons mais, pour l'heure, la survie n'excède pas deux mois. Des échecs peu étonnants: *"C'est un passage obligé, exactement comme les toutes premières greffes de cœur humain se sont soldées par des échecs"*, indique Gilles Blancho, directeur de l'Institut de transplantation du CHU de Nantes.

H.R.

À LA UNE

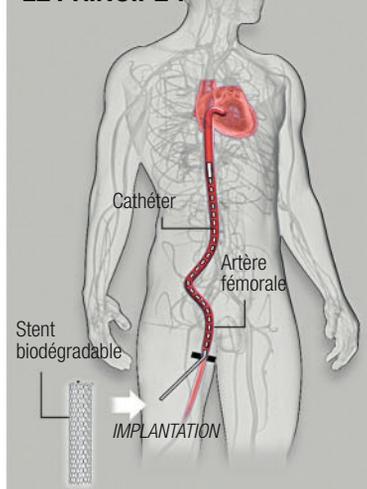
les valves cardiaques aortiques. Avec l'âge, ces petits clapets qui s'ouvrent à chaque battement de cœur peuvent se calcifier et rétrécir, exposant à un risque de mort subite dans le pire des cas. Pour les patients les plus fragiles, non opérables, *"le stent va pouvoir se faufiler par les artères jusqu'au cœur et y déployer une bioprothèse de remplacement qui va écraser la valve native défaillante"*, indique Emmanuel Lansac, de l'Institut mutualiste Montsouris. Comme une sorte de parapluie qui s'ouvrirait automatiquement, la nouvelle valve va ainsi se positionner sans suture et sans cicatrice. Le remplacement des valves auriculo-ventriculaires par le même procédé est encore en cours d'évaluation. En matière de rustines, pas de doute, le cœur est vraiment entré dans le XXI<sup>e</sup> siècle!

H.R.

### QUI EST CONCERNÉ ?

En France, 200 000 personnes reçoivent un stent chaque année. Les modèles biodégradables ne sont pour l'instant implantés que sur 5% d'entre elles. Les valves percutanées bénéficient à 21% des patients.

### LE PRINCIPE ?



Le stent renforce les artères affaiblies et facilite la pose de prothèses.



## LE CŒUR RÉGÉNÉRÉ

# Les cellules souches réveillent le mythe de la

C'est une première mondiale. Fin 2014, le professeur Philippe Ménasché et son équipe de l'hôpital Georges-Pompidou (Paris) implantent dans le cœur de deux patients des patches composés de cellules dérivées de cellules souches embryonnaires humaines, celles-là mêmes qui

sont à l'origine de tous les organes (sauf le placenta). L'espoir de cette thérapie cellulaire? Voir un jour des cœurs usés et fatigués reprendre du service comme avant. Autrement dit, lutter contre l'insuffisance cardiaque en réparant le muscle et en relançant ses contractions grâce à l'apport de cellules toutes fraîches se spécialisant peu à peu en cellules cardiaques.

Verdict, neuf mois plus tard? Philippe Ménasché reste prudent: "Sur la sécurité, nous sommes plutôt rassurés. Mais l'efficacité est difficile à évaluer: nous avons posé le patch à l'occasion d'une opération lourde de pontage coronaire [remplacement d'une zone endommagée des artères du cœur] nécessitant l'ouverture thoracique." Amélioration de l'état des patients il y a... mais impossible d'en conclure que cela est dû aux patches cellulaires.

Car une fois posées, que sont devenues ces cellules plus tout à fait

souches mais pas encore cardiaques? "Il était peu probable qu'elles colonisent d'emblée la zone lésée pour créer du néo-tissu, admet le médecin. Confrontées à un environnement qui n'était pas le leur, elles ont dû mourir." Oui, mais avant de disparaître, ces cellules ont peut-être "agi comme des 'micro-usines' à médicaments, diffusant plein de molécules susceptibles de cibler certaines voies naturelles de réparation jusqu'ici endormies".

### AINSI LE CŒUR PEUT S'AUTORÉPARER

En effet, tout vital qu'il soit, notre cœur ne sait pas se réparer tout seul! Au contraire du foie, de la peau, voire des autres muscles qui se régénèrent en permanence. Le cœur est, au mieux, capable de recréer 1% de ses cellules musculaires par an à l'âge de 20 ans... et ce pourcentage chute en vieillissant. Ainsi, après un infarctus, par exemple, plusieurs centaines de

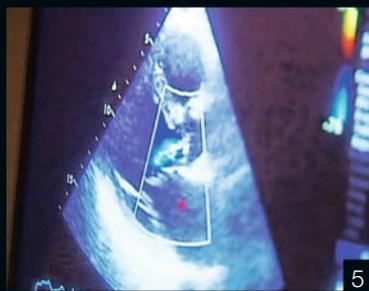
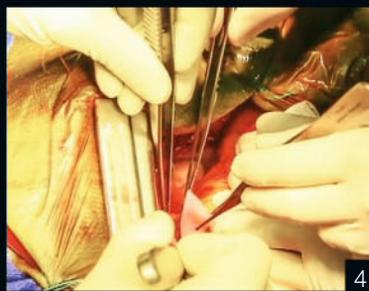
### CHRONOLOGIE

**1994** Première implantation de cellules fœtales de souris dans un cœur de souris (Etats-Unis).

**1998** Les cellules souches embryonnaires humaines identifiées.

**2000** Ph. Ménasché greffe les cellules souches musculaires d'une victime d'infarctus sur son cœur.

**2014** Première implantation cardiaque à partir de cellules souches embryonnaires par Ph. Ménasché.



6 ÉTAPES POUR REDONNER AU CŒUR FORCE ET JEUNESSE  
Des cellules souches embryonnaires humaines sont cultivées pour former un patch (1, 2). Lors d'un pontage coronaire (3), ce patch est implanté dans le cœur du patient (4). L'état de ce dernier s'est amélioré (5), mais il est trop tôt pour en tirer des conclusions, nuance le Pr Ménasché (6).

#### QUI EST CONCERNÉ ?

Les personnes souffrant d'insuffisance cardiaque suite à un infarctus du myocarde, mais aussi de maladies congénitales et génétiques cardiaques. Soit environ, en France, 30 000 personnes.

## régénération cardiaque

millions de cellules cardiaques musculaires (cardiomyocytes) peuvent mourir, laissant place à une zone de fibrose, où les tissus ne se régénèrent pas et qui ne bat plus. D'où la nécessité d'une "aide" extérieure.

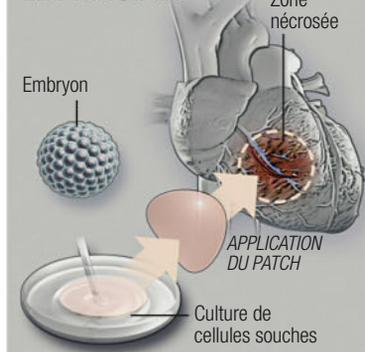
Mais certains jugent prématurés les essais de Philippe Ménasché avec les cellules souches embryonnaires. C'est le cas de Michel Pucéat. Ce chercheur de l'Inserm, qui travaillait au départ avec le médecin, pense qu'il faut utiliser des cellules plus engagées sur la voie de la différenciation en muscle cardiaque pour aboutir au graal de la médecine: le véritable remplacement du tissu lésé! Lui continue donc à tester sa méthode sur l'animal avec des cellules souches embryonnaires plus avancées et il observe que lorsqu'elles sont implantées avec un patch "de plus en plus de cellules migrent à l'intérieur du muscle du myocarde et achèvent leur transformation en cel-

lules cardiaques. La régression de la fibrose est très significative".

En réalité, l'idée d'introduire de nouvelles cellules dans le cœur ne date pas d'hier. Des recherches ont cours, dans le monde, depuis vingt ans. Sauf qu'elles se concentrent sur des cellules de la moelle osseuse. Plus simples d'accès car prélevées directement dans l'os des patients, elles n'exposent pas non plus à un risque de rejet.

Jérôme Roncalli, cardiologue interventionnel au CHU de Toulouse, utilise justement des cellules mésenchymateuses de la moelle osseuse; il estime qu'elles pourraient suffire à stimuler du tissu cardiaque lésé. Et ici, nul besoin d'ouvrir la cage thoracique: le chercheur injecte les cellules dans les artères coronaires par un cathéter. Mais, là aussi, beaucoup de cellules meurent (85%)... Et seules quelques-unes vont se différencier. "A l'heure actuelle, nous ne pouvons évidem-

#### LE PRINCIPE ?



ment pas recréer un cœur entier. Mais nous pouvons améliorer la contractilité sur des zones 'à cheval' entre le tissu sain et celui où plus aucune cellule ne bat", indique Jérôme Roncalli.

Les enjeux autour de la thérapie cellulaire sont énormes et le domaine ultra-concurrentiel. Mais à la clé se profile la possibilité que le cœur se régénère de lui-même, avec un simple petit coup de pouce cellulaire. H.R.

# LE CŒUR STIMULÉ

## La miniaturisation révolutionne le pacemaker

La “pile” cardiaque telle que nous la connaissons depuis les années 1960 est peut-être en train de vivre ses dernières années ! Le fonctionnement du pacemaker est simple : l'appareil surveille les battements du cœur et, en cas de ralentissement dangereux, déclenche une stimulation électrique pour relancer les contractions.

Mais les trois millions de personnes équipées dans le monde le savent, les pacemakers utilisés jusqu'à présent sont assez encombrants. Le boîtier central mesure plus de 5 centimètres. Une fois implanté sous la peau au niveau pectoral, il faut le relier à deux longues électrodes qui traversent la paroi de la veine cave pour amener leur sonde dans l'une des cavités du cœur, ventricule droit ou oreillette gauche – ou les deux –, afin d'y délivrer les stimulations électriques salvatrices.

Surtout, *“cette extériorisation peut entraîner des complications infec-*

*tieuses au niveau du boîtier et, plus encore, de la sonde, qui est le véritable maillon faible du dispositif: elle peut boucher les veines, se casser ou s'infecter”*, explique Pierre Bordachar, de l'unité de stimulation et défibrillation cardiaque du CHU de Bordeaux. Le risque va de 1 à 4 % suivant les complications, plus ou moins graves. Le système, bien qu'éprouvé, est donc loin d'être pleinement satisfaisant.

### DEUX CAPSULES EN PHASE DE TEST

Dès le début, les médecins ont d'ailleurs rêvé de mettre l'intégralité du pacemaker... à l'intérieur du cœur, sous la forme d'une simple petite capsule. Sans jamais y parvenir, faute de technologie adéquate. Et voilà que deux premiers appareils sont enfin en phase de test : le Micra, développé par Medtronic, et le Nanostim, mis au point par St. Jude Medical. Adieu boîtiers, fils et sondes !

*“La miniaturisation est une véritable rupture technologique”*, se félicite Pierre Bordachar, qui teste actuellement le Micra. Pour la première fois, la pose d'un pacemaker peut se faire sans ouvrir. À l'aide de longs cathéters, les cardiologues suivent un chemin naturel qui mène d'une petite incision de l'artère fémorale, située dans l'aîne, jusqu'à l'intérieur du cœur, le tout sous anesthésie locale. Une fois dans l'organe, il ne leur reste plus qu'à libérer l'appareil.

De taille (environ 3 cm) et de forme comparables, les deux ministimulateurs se posent uniquement à l'intérieur du ventricule droit. *“Pour mettre une deuxième capsule dans l'oreillette, il faudrait que les deux puissent se parler, comme le font les deux sondes racordées au même boîtier. Nous n'y arri-*

*vons pas encore, c'est trop énergivore”*, déplore le cardiologue bordelais.

La différence entre les deux systèmes ? Le Micra “s'accroche” dans le cœur grâce à des petits crochets ; le Nanostim, lui, se visse. Concernant le Micra, comment les scientifiques prévoient-ils de retirer l'appareil croché dans le cœur en cas de problème, ou tout simplement en fin de vie de la pile, au bout d'une dizaine d'années ? *“D'abord, estime Pierre Bordachar, la nécessité d'extraire ces mini-appareils sera bien moindre qu'avec les pacemakers à boîtier et à sondes.”* Et quand il sera en fin de vie, le dispositif est pensé pour... être laissé dans le tissu cardiaque. *“Il est même possible d'en mettre un deuxième, voire plus”*, poursuit le médecin.

Le Nanostim, lui, a été conçu *“pour pouvoir être dévissé grâce à un cathéter spécifique”*, explique Pascal Defaye, responsable de l'unité de rythmo-

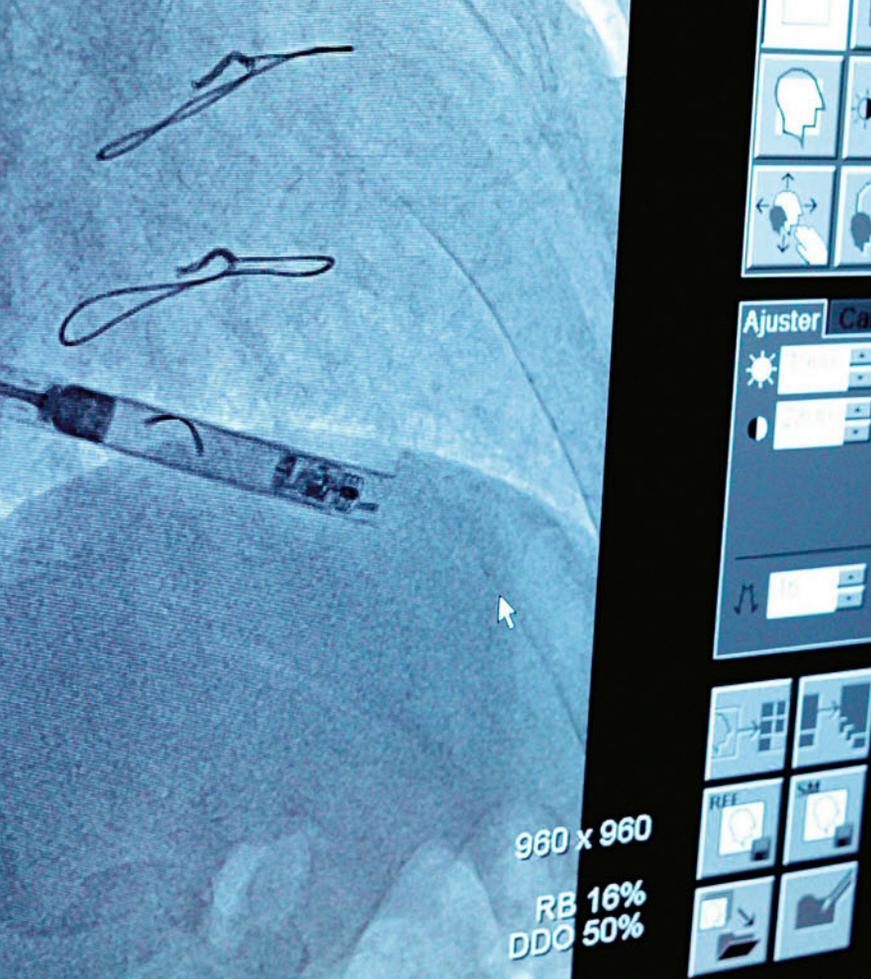
### CHRONOLOGIE

**1958** Première implantation d'un stimulateur cardiaque, à l'institut Karolinska (Stockholm).

**1962** Premier stimulateur avec sondes introduites dans le cœur (États-Unis).

**1980** Sophistication des capteurs et simplification de leur programmation, ce qui permet d'adapter la stimulation à l'effort du patient.

**2013** Première implantation humaine d'un minipacemaker en forme de capsule sans sonde par voie fémorale.



## QUI EST CONCERNÉ ?

Plus de 400 000 Français vivent avec un pacemaker et 50 000 nouveaux appareils sont implantés chaque année ; 10 à 20 % des patients appareillés sont potentiellement concernés par ces ministimulateurs.

## LE PRINCIPE ?



IMPLANTATION  
VIA UN CATHÉTER

Le minipacemaker, totalement à l'intérieur du cœur, stimule ses contractions

À LA  
UNE

^ > Ci-dessus, un cathéter vient déposer la capsule dans le cœur ; ci-contre, le Nanostim (à gauche) viendrait remplacer le pacemaker actuel (à droite).

logie du CHU de Grenoble, qui pilote en France les essais cliniques du modèle de St. Jude Medical. "Nous avons un recul de deux ans chez l'animal. Mais chez l'homme, nous ne connaissons pas le degré de fibrose (destruction des tissus) à long terme. Et c'est précisément cela qui permettra de savoir si on pourra l'enlever facilement."

Avec les deux modèles, les équipes ont constaté un petit risque (moins de 1 %) de perforation du ventricule à l'implantation, encore mal élucidé. Mais les médecins sont confiants. "Pour l'instant, il n'y a pas eu de complication rédhibitoire", déclare Pierre Bordachar. Et maintenant, qui sera le premier sur le marché ? Ici comme ailleurs, la compétition fait rage. **H.R.**



*La nécessité d'extraire ces ministimulateurs sera bien moindre qu'avec les systèmes existants à boîtier et sondes*

**PIERRE**  
**BORDACHAR**  
Unité de stimulation et défibrillation cardiaque du CHU de Bordeaux

# LE CŒUR GÉNÉTIQUEMENT MODIFIÉ

## Des super-gènes viennent doper le muscle cardiaque

**R**emodeller génétiquement les cellules du cœur pour en faire une sorte d'organe mutant, capable de s'autorégénérer ou de se contracter beaucoup plus efficacement : c'est le but de la thérapie génique, qui vise la mise au point d'un traitement pour les millions de personnes touchées par une insuffisance cardiaque ou un infarctus. Pour l'instant, 200 patients ont testé ce type de thérapie.

*A priori*, la méthode est classique : à l'aide d'un vecteur, généralement un virus inoffensif, les médecins introduisent un nouveau gène dans l'ADN des cellules musculaires cardiaques. Sauf qu'ici, il ne s'agit pas de contrer des gènes "malades", mais de fournir au cœur des "super-gènes" lui per-

mettant de surmonter ses défaillances – liées soit à des cellules musculaires qui se contractent mal, soit à la destruction d'une partie de ces cellules.

### PRÉVENIR LA MORT CELLULAIRE

L'un des premiers essais sur l'homme a consisté à cibler un gène codant pour une enzyme cruciale dans la contraction et la relaxation cardiaque, et dont l'activité diminue en cas d'insuffisance cardiaque. La thérapie génique visait à relancer la production de cette enzyme. *"En 2011, les premiers résultats de l'étude américaine Cupid ont été très encourageants, avec une amélioration de la qualité de vie et une réduction du nombre d'hospitalisations de 50 %, commente Jean-Sébastien Hulot, cardiopharmacologue à La Pitié-Salpêtrière, spécialiste de thérapie génique cardiaque. Mais les derniers résultats sont plus mitigés..."* Rien d'étonnant : en territoire

inconnu, les premiers pas sont rarement couronnés de succès.

Une autre approche suscite beaucoup d'intérêt : booster l'ADN des cellules du muscle cardiaque pour les rendre plus résistantes et même les pousser à se régénérer (en temps normal, le cœur ne recrée que 1 % de ses cellules musculaires par an à l'âge de 20 ans, et ce pourcentage chute en vieillissant). La cible ? Des gènes liés à des molécules qui préviennent la mort cellulaire et contribuent à la régénération.

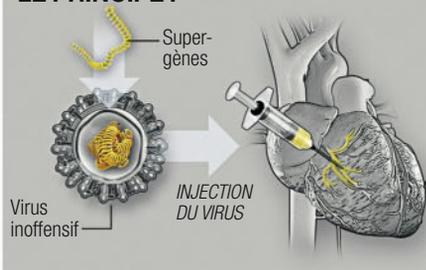
Un essai mené sur 93 Américains atteints d'insuffisance cardiaque sévère après un infarctus a montré une amélioration des capacités d'éjection du sang par le cœur. *"Encourageant, sachant que dans des essais aussi pionniers, la prudence impose d'administrer des doses extrêmement faibles"*, souligne Jean-Sébastien Hulot. Le cœur génétiquement modifié n'en est qu'à ses premiers battements. **M.V.**

SHUTTERSTOCK - M. SAEMANN

### QUI EST CONCERNÉ ?

Les 25 millions d'insuffisants cardiaques dans le monde, dont 30 000 en France.

### LE PRINCIPE ?

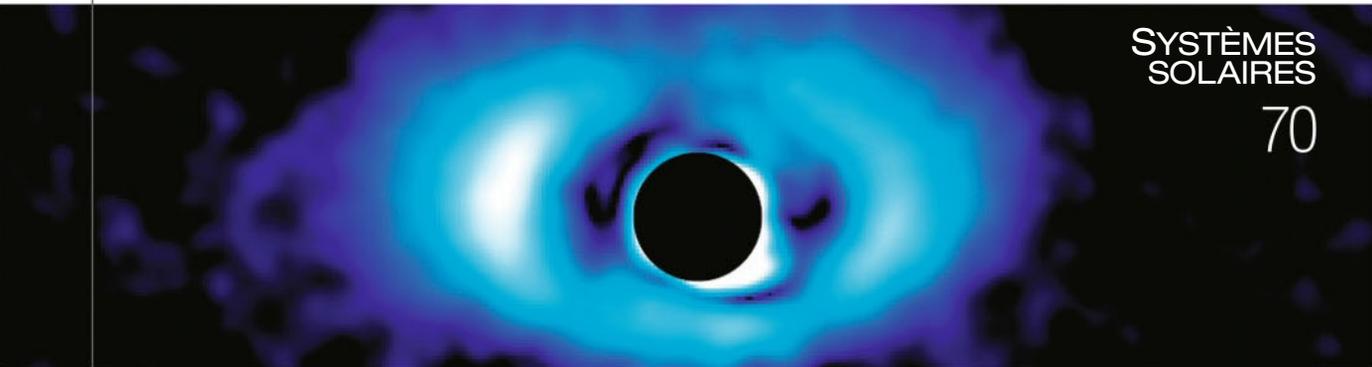


✓ Les injections dans le cœur se font au travers de minuscules incisions du thorax.

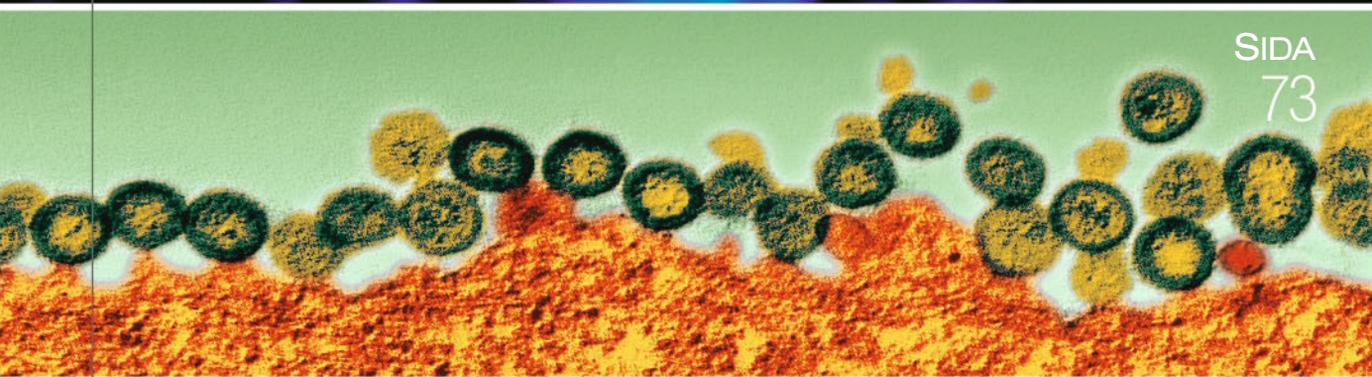
# & Science découvertes

SYSTÈMES  
SOLAIRES

70



SIDA  
73



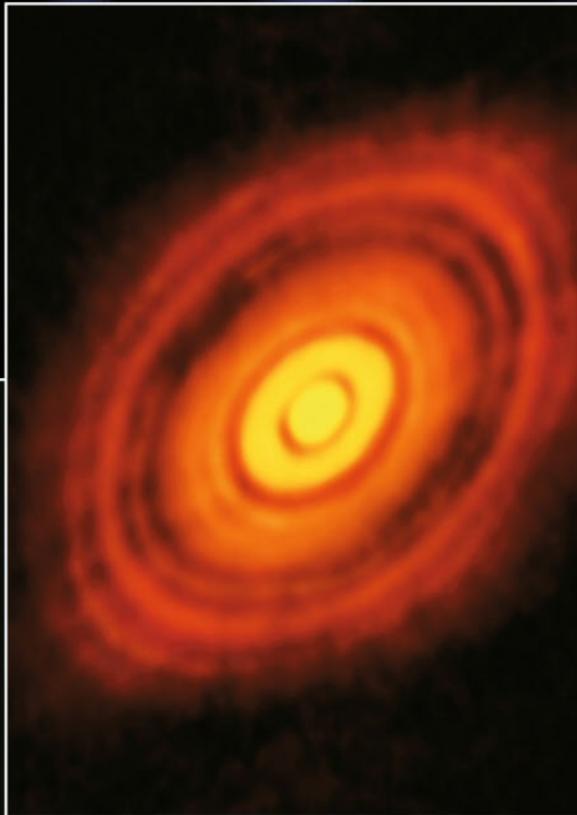
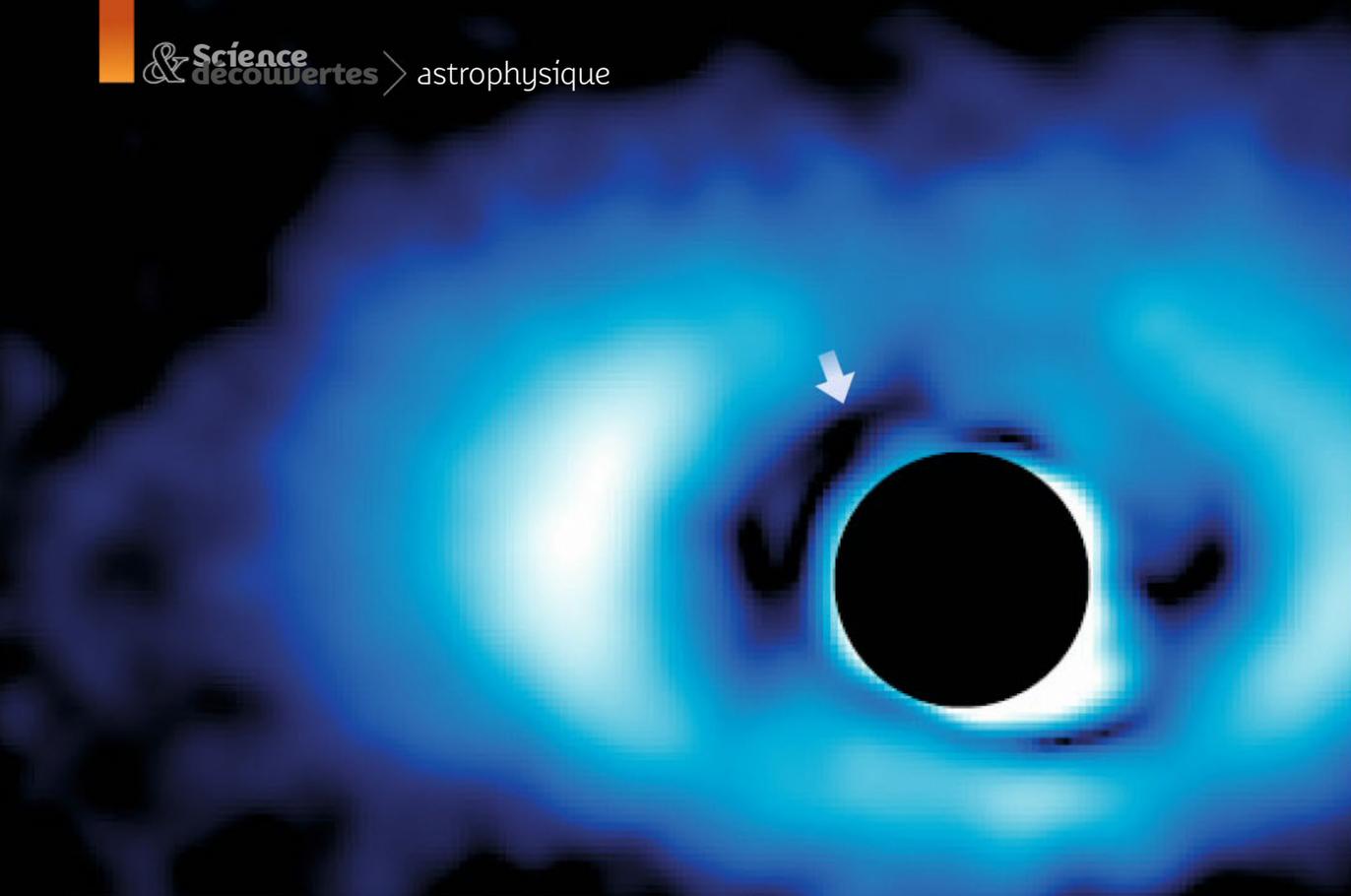
PLANCTON  
76



BIOLOGIE ET HISTOIRE  
DE LA POP MUSIC

84





**... ÉTRANGEMENT PRÉCOCES...**

<b>Nom de l'étoile</b>	HL Tauri
<b>Date d'observation</b>	2014 (télescope Alma)
<b>Distance</b>	450 années-lumière (dans la constellation du Taureau)

Cette étoile a moins de 1 million d'années : quand le Soleil avait cet âge, aucune planète n'avait eu le temps de s'agglomérer autour de lui... Pourtant, les sillons réguliers qui strient le disque de HL Tauri semblent indiquer que des planètes peuplent déjà le système.

**... ET MÊME BIZARREMENT ASYMÉTRIQUES**

<b>Nom de l'étoile</b>	HD 142527
<b>Date d'observation</b>	2015 (télescope Alma)
<b>Distance</b>	646 années-lumière (dans la constellation du Loup)

Notre système solaire est né d'un disque de gaz et de poussières parfaitement régulier. A l'inverse, celui observé autour de HD 142527 est déformé, comme s'il était habité de gigantesques vortex ou composé de plusieurs anneaux inclinés les uns par rapport aux autres.

### DES BÉBÉS SYSTÈMES MONSTRUEUX...

<b>Nom de l'étoile</b>	PDS 70
<b>Date d'observation</b>	2012 (téléscope Subaru)
<b>Distance</b>	460 années-lumière (dans la constellation du Centaure)

Le disque qui entoure l'étoile PDS 70 est gigantesque comparé à notre système solaire. Le trou sombre en son centre (flèche), qui pourrait avoir été creusé par la naissance simultanée de plusieurs planètes, est large comme deux fois la distance Pluton-Soleil.

# Systemes solaires

## Voici les premières échographies

Les télescopes ont parlé : tous les systèmes planétaires ne se forment pas comme le nôtre. Bien au contraire. Revue de détail par **Mathilde Fontez**.

**N**ous n'avions jusque-là qu'un seul exemple. Le nôtre. Celui du système solaire, avec ses huit planètes, quatre rocheuses et quatre gazeuses.

Les astronomes avaient reconstitué son histoire et composé un scénario de naissance qu'ils pensaient général : d'abord, un nuage dense de gaz et de poussières (une nébuleuse moléculaire) s'effondre sous son poids et une étoile s'allume, qui entraîne autour d'elle les restes de son cocon. Gaz et poussières se mettent à tourbillonner autour de l'astre naissant, formant un disque fin et régulier. Les poussières entrent en collision et s'agglomèrent. Peu à

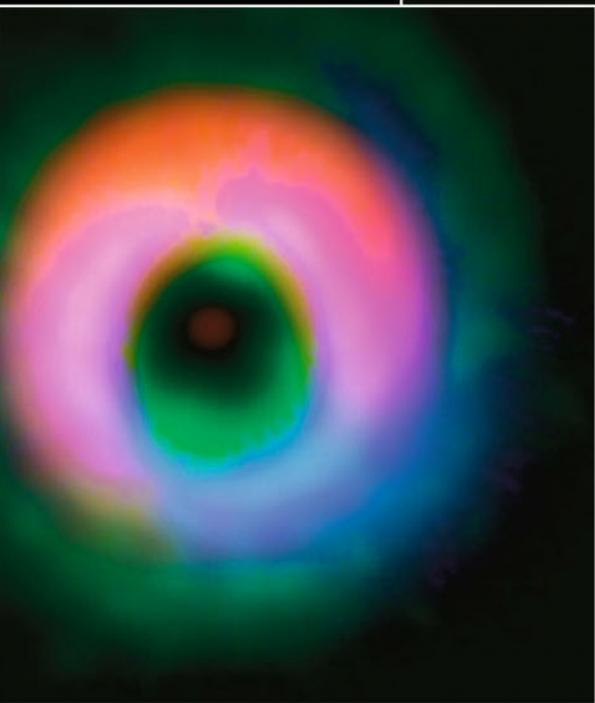
peu, des boules de roche grossissent, creusant des sillons dans le disque. En quelques millions d'années, elles deviendront planètes et épuiseront la totalité du disque.

Aujourd'hui, enfin, les astronomes peuvent regarder dans l'immensité cosmique grandir d'autres bébés étoiles, encore entourés de leur gangue de poussières. →

### Repère

Un système planétaire naît en même temps que son soleil : lorsqu'une nébuleuse s'effondre pour former une étoile, elle entraîne avec elle les restes de son cocon de gaz et de poussières, formant un disque où vont s'agglomérer les planètes.

NAOJ - ALMA/ESO/NAOJ/NRAO - ALMA/ESO/NAOJ/NRAO/FUKAGAWA ET AL.



→ En particulier dans les constellations d'Orion, du Loup, du Taureau et du Centaure... situées à des centaines d'années-lumière de la Terre, mais scrutées de près par une petite armada de télescopes – Subaru à Hawaï, le VLT au Chili, le VLA aux Etats-Unis et, depuis 2013, le réseau Alma au Chili. *“Nous avons enfin les moyens de compiler notre travail théorique*

creusée de deux zones sombres, du halo qui entoure l'étoile HD 142527, les astronomes sont obligés de modéliser un disque séparé en deux parties, dont l'une inclinée à 70 degrés... et reliées par un gigantesque vortex. *“C'est une surprise de la nature, s'exclame Simon Casassus, qui étudie le système avec son équipe du centre de recherche Mad Nucleus, à l'université du*

trop jeune – a déjà formé des embryons planétaires.

Et ces trois exemples ne sont que les plus emblématiques.

### PLUS DE 100 ÉCHOGRAPHIES

Les astronomes disposent aujourd'hui de plus de 100 échographies de bébés systèmes planétaires. Il y a des étoiles qui s'enroulent non pas dans un disque, mais dans des anneaux, ou qui se laissent bercer par de gigantesques bras spiraux... Il y a, dans les disques, des sillons de toutes sortes, des plus fins aux plus étendus, à des distances diverses de leur étoile...

A chaque nouvelle observation incongrue, les chercheurs corrigent leurs modèles, invoquent turbulence, effets thermiques, dynamique, chimie... pour rendre compte de ces naissances exotiques.

Et ce n'est que le début. Le réseau Alma devrait voir prochainement ses capacités encore améliorées. *“Les résultats promettent d'être spectaculaires”*, avance Kevin Baillié. Et le télescope *JWST*, qui sera lancé en 2018, embarquera une caméra spécialisée dans l'imagerie des systèmes planétaires.

De quoi raconter en détail l'histoire des systèmes solaires et trouver des lois générales. De quoi, aussi, répondre aux questions préférées des Terriens: quelle est la probabilité pour qu'un système forme une planète rocheuse à la “bonne” distance de son étoile, celle qui lui permettrait d'être habitable? Où sont les autres Terre?

## On a vu grandir un bébé planète à 330 années-lumière

**C'était l'étape suivante: zoomer dans le disque de gaz et de poussières qui entoure les jeunes étoiles pour voir les planètes elles-mêmes en train de se former. Elle vient tout juste d'être franchie. Sascha Quanz, de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich (Suisse), et son équipe avaient repéré une étrange tache floue dans le disque de l'étoile HD 100546, qui gravite à 330 années-lumière de la Terre. Ils viennent de publier une série d'observations de cette curiosité: la tache est bel et bien un bébé planète. Un gros bébé, de sept fois la taille de Jupiter... et qui est encore en train de grandir. Les mesures indiquent en effet qu'il se confond avec un grumeau de gaz et de poussières chauffé à 600 °C qui, probablement, l'alimente en matière.**

avec les observations”, résume Kevin Baillié, spécialiste du sujet à l'université Paris 7.

La première moisson d'images, d'une résolution inédite, est en train d'être récoltée. *“En ce moment, nous observons des ‘détails’ de l'ordre de 5 à 10 fois la distance Terre-Soleil*, précise Sebastian Marino, à l'université du Chili. *Nous commençons à voir assez bien pour comprendre!”*

Et fatalement, le joli scénario, avec ses grandes lignes bien posées, est en train de se complexifier...

Ainsi, devant la forme étrange, asymétrique et

Chili. *On s'attendait à ce genre de phénomène... mais autour des trous noirs!”*

Les chercheurs se heurtent aussi à l'existence d'un trou géant qui déforme le disque de l'étoile PDS 70. *“Il pourrait s'agir de plusieurs embryons de planètes*, explique Jun Hashimoto, spécialiste de ce système à l'observatoire national du Japon. *Mais aussi d'interactions turbulentes entre les grains de poussière...”*

Ils doivent également justifier la présence de sillons curieusement réguliers autour de HL Tauri, signe que cette étoile – pourtant jugée

A lire : les publications scientifiques.

A voir : les simulations des systèmes solaires observés.

★  
**EN SAVOIR PLUS**

science-et-vie.com

# Sida

## Et s'il était en train de pactiser avec nous ?

Le VIH est-il en passe de s'affaiblir tout seul, à force d'infecter l'homme ? Au Botswana, il semble que ce soit le cas... Un phénomène de coévolution dont **Coralie Hancock** nous révèle les secrets.

**A** force de se côtoyer, le virus du sida et l'homme sont-ils en train de pactiser ? La question a jailli de discussions avec Jaclyn Mann, membre du programme Pathogenèse du VIH (virus de l'immunodéficience humaine) à l'université de Durban, en Afrique du Sud. Alors que le combat contre la maladie se trouve aujourd'hui porté par les nouvelles thérapies (voir

*S&V* n°1135), que les grandes campagnes de dépistage et de traitements mobilisent les autorités sanitaires mondiales et laissent enfin entrevoir l'espoir de maîtriser l'épidémie en 2030 (voir *S&V* n°1119), un autre aspect du virus mérite qu'on s'y attarde. A savoir son évolution naturelle. Laquelle pourrait s'avérer déterminante dans la grande histoire de l'épidémie qui continue de faire des ravages.

Au premier abord, la longue et vaste étude pour laquelle nous avons contacté Jaclyn Mann faisait plutôt froid dans le dos. Menée au sein d'une équipe internationale qu'elle a codirigée avec Philip Goulder et Rebecca Payne (université d'Oxford, Royaume-Uni), l'étude montre que le virus du

sida mute. Pis, ces mutations se produisent à un rythme effréné et lui permettent de s'adapter au système immunitaire de ses hôtes, en l'occurrence nous, les êtres humains.

Sauf que, en y regardant de plus près, l'inquiétude fait place à un sentiment plus serein. L'histoire ne serait pas celle que l'on craignait (un virus décimant toujours plus d'individus, dans une insatiable logique du pire); au vrai, elle s'inscrit dans un processus bien connu, dit de "coévolution", où les deux adversaires finissent par trouver un point d'équilibre leur permettant de survivre et l'un et l'autre. Une logique "gagnant-gagnant" qui arrange bien les affaires de l'homme... Comment est-ce possible ?

### Repère

Depuis sa découverte en 1981, le virus du sida a tué plus de 39 millions de personnes. Fin 2013, environ 35 millions d'individus vivaient avec le VIH. Parmi eux, un peu plus de 36 % seulement étaient sous traitement antirétroviral. Un chiffre bien en deçà des 90 % que s'est fixé l'Onusida pour mettre fin à l'épidémie d'ici à 2030.

→ Imaginons deux adversaires engagés dans une lutte à mort – en l’occurrence, le VIH et l’homme. Chacun sa stratégie : le premier doit infecter le plus d’organismes possible pour s’y multiplier, tandis que l’autre doit apprendre à répondre aux attaques pour survivre.

### EN AVANCE SUR L’HOMME

Le scénario attendu porte le nom de “théorie de la Reine rouge”, en référence à l’ouvrage de Lewis Carroll, *De l’autre côté du miroir*, où la Reine rouge et Alice se lancent dans une course effrénée sans que pour autant le paysage ne change. Étonnée, Alice interroge la reine qui lui répond : “*Nous courons pour rester à la même place.*” Sous-entendu : pour rester dans la course et ne pas se faire devancer par ses adversaires, il faut courir aussi.

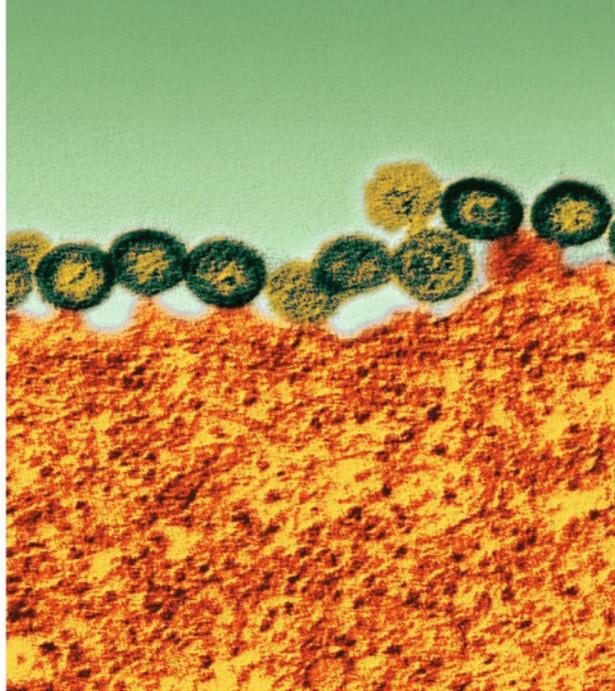
Certes, avec une vitesse de reproduction bien plus rapide, le virus possède une capacité de mutation et donc d’adaptation bien plus élevée que la nôtre. En tant qu’agresseur, il garde un temps d’avance et, de fait, “*il n’est pas apparu chez l’homme de nouveaux gènes protecteurs en réponse au VIH*”, reconnaît Jaclyn Mann.

Cependant, le virus ne doit pas tuer son hôte trop vite, faute de quoi ce dernier

n’aura pas le temps de contaminer d’autres personnes et le virus se retrouvera à son tour condamné. Et c’est ici la chance de l’homme.

“*Il existe un équilibre idéal pour le VIH entre virulence et contagiosité*”, explique Jaclyn Mann. D’après les calculs des chercheurs, cet équilibre est atteint lorsque la charge virale – le nombre de virus détectés dans l’organisme – est de 30 000 copies par millilitre de sang. Du point de vue du VIH, c’est le taux optimal car les copies sont suffisamment nombreuses pour augmenter les chances de transmission lors d’un rapport sexuel, mais suffisamment limitées pour que l’hôte puisse survivre assez longtemps et avoir de nombreux rapports. Or, l’étude montre qu’en Afrique du Sud, cette charge optimale est quasiment atteinte. Expliquant que ce pays possède le triste record mondial du nombre de séropositifs (6,1 millions de personnes vivent avec le VIH).

Cependant, les observations de Philip Goulder, Rebecca Payne et Jaclyn Mann ont pris un relief particulier lorsqu’ils ont étudié la situation du pays voisin, le Botswana. Pourquoi comparer ? “*Parce qu’au Botswana, l’épidémie a débuté dix ans plus tôt qu’en Afrique*



△ En se multipliant, ces copies du VIH (en vert et jaune) sont en train de tuer une cellule (en orange).

du Sud.” Ainsi, en 1991, alors que 1 % de la population sud-africaine était séropositive (19 % en 2013), au Botswana, la prévalence du VIH était déjà de 7 % (22 % aujourd’hui).

Or, surprise : les chercheurs ont constaté que la charge virale des patients du Botswana est deux fois moins importante qu’en Afrique du Sud. Autrement dit, le virus se reproduit deux fois moins vite et, par conséquent, le temps de latence entre contamination et apparition des premiers symptômes s’allonge. Est-ce à dire qu’avec le temps, le VIH se serait adouci dans ce pays, comme une bête féroce s’apprivoisant au contact répété de l’homme ? “*Affirmer une telle chose me semble pour l’instant très exagéré*”, répond la chercheuse sud-africaine. *Mais pour ce qui concerne l’avenir, après tout, personne ne sait.*” Manière prudente de dire qu’un espoir existe...

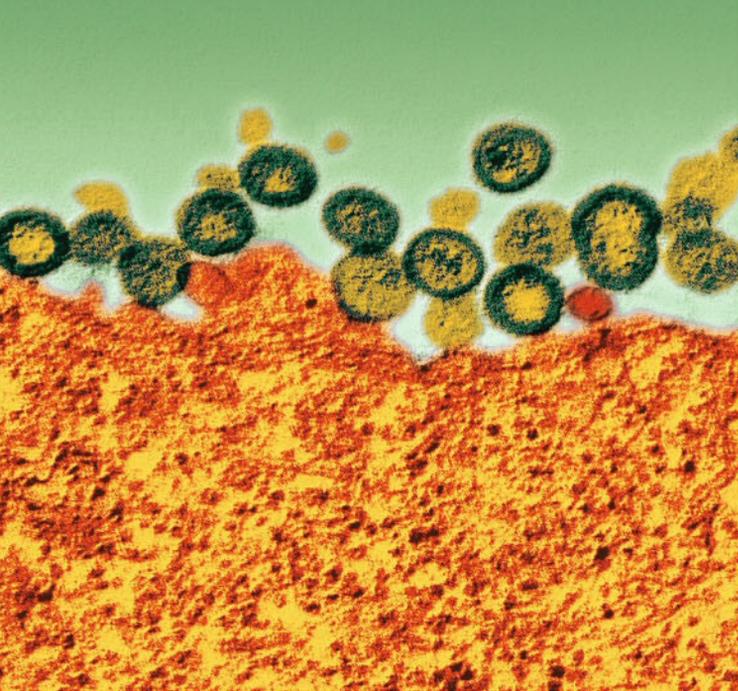
Mais que s’est-il passé pendant ces dix années qui expliquent que une charge virale divisée par deux chez les personnes infectées ? Simple : il semble



**JACLYN MANN**

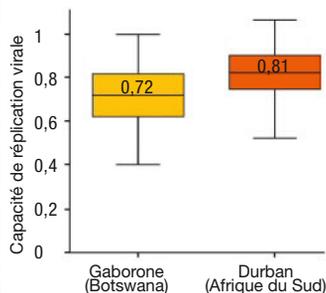
Virologue à l’université de Durban, en Afrique du Sud

*Au Botswana, des mutations ont freiné la capacité de reproduction du virus du sida*



### Plus de contagion, mais moins de virulence

Le cas du Botswana et de l'Afrique du Sud le montre : en mutant, le virus se met à infecter plus de monde, oui, mais il perd de sa virulence en diminuant sa capacité de réplication dans les cellules humaines.



rait que le virus ait privilégié son pouvoir de contagion... au détriment de sa virulence. Les mutations génétiques acquises par le VIH sont, comme toujours en matière d'évolution, aléatoires, mais, sous la pression de la sélection naturelle, certaines sont favorisées.

### INÉGALITÉ FACE AU VIRUS

Et au Botswana, le VIH a appris à s'attaquer à des humains considérés jusqu'à présent comme génétiquement protégés

contre l'infection. En effet, pour le VIH, tous les habitants de la planète ne sont pas aussi simples à infecter : un faible pourcentage d'entre eux, difficilement estimable, sont dotés de gènes qui ralentissent la multiplication du virus. Ces personnes peuvent donc être porteuses du VIH (séropositives) et ne jamais tomber malades... ou alors après un laps de temps beaucoup plus long. Sans que l'on sache totalement l'expliquer, certains

gènes donnent à l'hôte infecté des stratégies contre l'implacable virus.

Au Botswana, donc, le virus a acquis des mutations qui lui permettent désormais de s'attaquer sans difficultés aux personnes jusqu'alors protégées par le profil génétique HLA-B57. *"Il n'y a quasiment plus de différence entre leur niveau d'infection et celui du reste de la population, affirme la chercheuse. Seulement voilà, les nouvelles mutations ont eu un revers : elles ont freiné sa capacité de reproduction et donc le virus est devenu moins virulent"*, indique Jaclyn Mann.

Ces mutations vont-elles gagner du terrain ? Franchir les frontières, voire s'amplifier jusqu'à devenir la norme et, au bout du compte, faire du sida une maladie hautement contagieuse mais plus du tout mortelle ? Il est trop tôt pour le dire. En tout cas, rien n'indique que la coévolution constatée en ce moment dans cette région du monde devrait s'arrêter. Ouvrant dès lors des perspectives inédites dans la gestion de ce qui reste un fléau planétaire.

## La résistance au VIH, une protection héritée de la variole ?

Présente chez 9,1 % des Européens (surtout au Danemark et dans le nord de la France) mais chez seulement 0,5 % des Nigériens, la mutation delta 32 du gène CCR5 confère une certaine résistance au virus du sida. Certains expliquent cette inégalité entre les deux continents par les épidémies de variole qui ont touché l'Europe : elles auraient conduit à la sélection des individus porteurs de cette mutation, celle-ci conférant initialement une protection contre la variole et, par la suite, contre le sida. Les survivants auraient alors transmis leur mutation, laquelle se serait répandue dans la population européenne. D'autres suggèrent que ce sont les épidémies de peste qui sont à l'origine de la sélection de cette mutation.

K.BOLLER/SPL/COSMOS - DR - B.BELLANGER

A consulter :  
l'étude de  
Jaclyn Mann  
publiée dans  
PNAS.

science-et-vie.com

# Le plus vaste éco

## Repère

Le plancton (du grec *Planktos*, qui signifie "errant") réunit tous les organismes dérivant au gré des courants : des bactéries et des virus (entre dix et cent milliards par litre d'eau de mer) ainsi que des eucaryotes (organismes avec un noyau).



# Plancton

systeme livre ses secrets



Chaîne alimentaire, climat... Alors qu'il joue un rôle vital sur Terre, le plancton restait largement méconnu. Mais après trois ans d'expédition sur toutes les mers et un déluge d'analyses génétiques, le projet Tara Oceans lève enfin le voile sur le plus vaste et mystérieux des écosystèmes. Avec des surprises à la clé, dont **Yann Chavance** a sélectionné les plus décisives.

**J**usqu'ici, c'était à la fois l'écosystème le plus important de notre planète... et l'un des plus méconnus.

Un chiffre résume cet état de fait : le plancton représente 98 % de la biomasse des océans, alors que les scientifiques n'en connaissaient qu'une infime proportion.

À la base de toute la chaîne alimentaire marine, mais aussi rouages essentiels de la grande machine climatique – la moitié de l'oxygène que nous respirons provient du plancton –, les premiers habitants du monde du silence avaient su garder leurs secrets.

Mais le projet Tara Oceans est passé par là, avec sa débauche de moyens exceptionnels : trois ans d'expédition en goélette sur tous les océans du globe, 140 000 kilomètres parcourus, pour au final relever quelque 35 000 échantillons de plancton sur plus de 200 stations de prélèvement, suivant un protocole standardisé de mesures tous azimuts (filets, pompes, bouteilles emprisonnant l'eau de mer à différentes profondeurs, instruments de mesure de l'eau de mer, etc.).

### AU CRIBLE DU SÉQUENÇAGE

*“Notre objectif était de corréler la structure des écosystèmes planctoniques avec les paramètres environnementaux : température, salinité, acidité ou encore concentration en oxygène, tout ce qui permet de caractériser une colonne d'eau”,* explique Eric Karsenti, biologiste au CNRS/Laboratoire européen de biologie moléculaire (Heidelberg, Allemagne) et directeur scientifique du projet.

La plupart des échantillons ont été transportés au Genoscope d'Evry, où ils sont passés au crible des séquenceurs génétiques (des appareils permettant de lire la suite de bases qui constituent l'ADN). *“Ce projet a mobilisé pendant plusieurs années près de la moitié des moyens de séquençage dont nous disposons, souligne Patrick Wincker, du Genoscope. C'est à ce jour la masse de données la plus importante jamais produite en termes de génomique environnementale, quel que soit l'environnement considéré.”*

La quantité de matériel génétique séquencé équivaut à environ 4 000 génomes humains

*d'autres écosystèmes. Il y a un vrai espoir dans ce domaine !”*

D'autant que toutes les données de séquençage sont mises à la disposition de la communauté scientifique. *“Des choses très originales en sortiront sûrement, car les chercheurs s'approprièrent ces données avec leurs propres idées, se félicite Eric Karsenti. La beauté de ces résultats, c'est qu'ils peuvent être utilisés à différents degrés de complexité, pour mener des études à l'échelle planétaire comme pour étudier des détails de certains gènes ou organismes.”*

### INCROYABLEMENT COMPLEXE

Cette titanesque “pêche au plancton” donne déjà un premier aperçu des règles qui régissent ce monde incroyablement vaste et complexe, dans lequel l'homme n'avait encore jamais véritablement pénétré. Diversité, composition, modes d'interaction ou encore distribution à travers la planète, la première moisson de résultats publiés par les équipes de Tara Oceans dessine un portrait inédit de ces écosystèmes errant au gré des courants. Des mondes où les protistes (des organismes unicellulaires à noyau) règnent en maîtres, où les parasites sont légion, et où la température et les courants jouent les chefs d'orchestre.

Voici les premiers secrets arrachés au monde microscopique du silence.

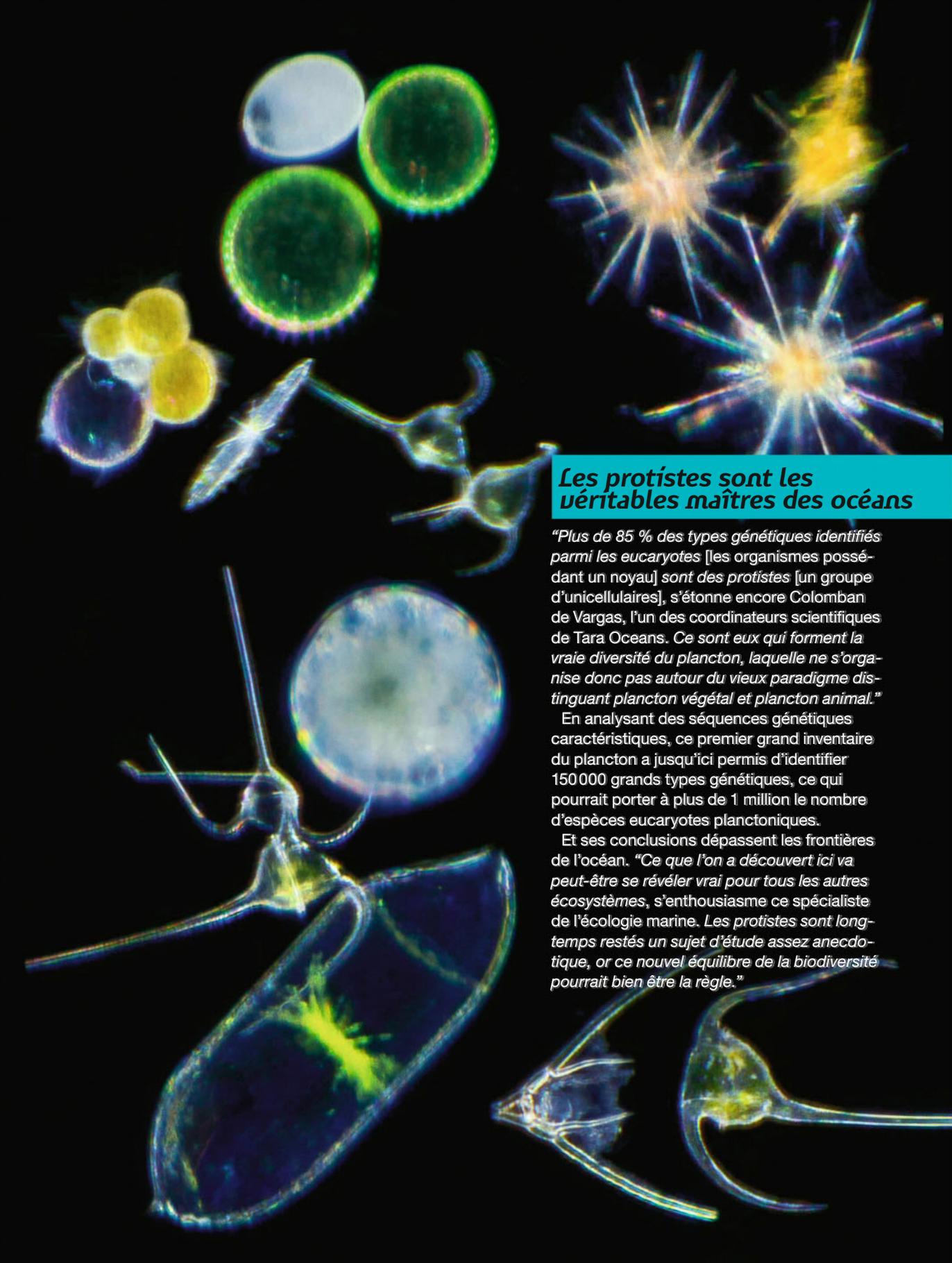
A consulter : le site de Tara Expéditions ; les publications sur les résultats. A voir : le plancton en vidéo. A lire : *Plancton. Aux origines du vivant*, de Christian Sardet (Ulmer, 2013).

## Jamais la génomique environnementale n'avait réuni autant de données

et correspond, au niveau bactérien, à 40 millions de gènes, dont jusqu'à 80 % peuvent être considérés comme nouveaux. Sachant que seul un tiers des échantillons récoltés a été analysé, Patrick Wincker compte mobiliser encore une cinquantaine de personnes jusqu'en 2017.

*“Cela dépasse largement le plancton, s'enthousiasme le biologiste marin Colomban de Vargas (CNRS/université Pierre-et-Marie-Curie), l'un des coordinateurs scientifiques du projet. Pour la première fois, nous avons décrit un écosystème mondial dans sa globalité, avec tous ses composants. Les règles que l'on commence à déchiffrer pourraient s'appliquer, plus généralement, au fonctionnement*

CHRISTIAN ET NOË SARDET/CHRONIQUES DU PLANCTON/TIRÉ DE “PLANCTON. AUX ORIGINES DU VIVANT”, ULMER, 2013



## **Les protistes sont les véritables maîtres des océans**

*“Plus de 85 % des types génétiques identifiés parmi les eucaryotes [les organismes possédant un noyau] sont des protistes [un groupe d’unicellulaires], s’étonne encore Colomban de Vargas, l’un des coordinateurs scientifiques de Tara Oceans. Ce sont eux qui forment la vraie diversité du plancton, laquelle ne s’organise donc pas autour du vieux paradigme distinguant plancton végétal et plancton animal.”*

En analysant des séquences génétiques caractéristiques, ce premier grand inventaire du plancton a jusqu’ici permis d’identifier 150 000 grands types génétiques, ce qui pourrait porter à plus de 1 million le nombre d’espèces eucaryotes planctoniques.

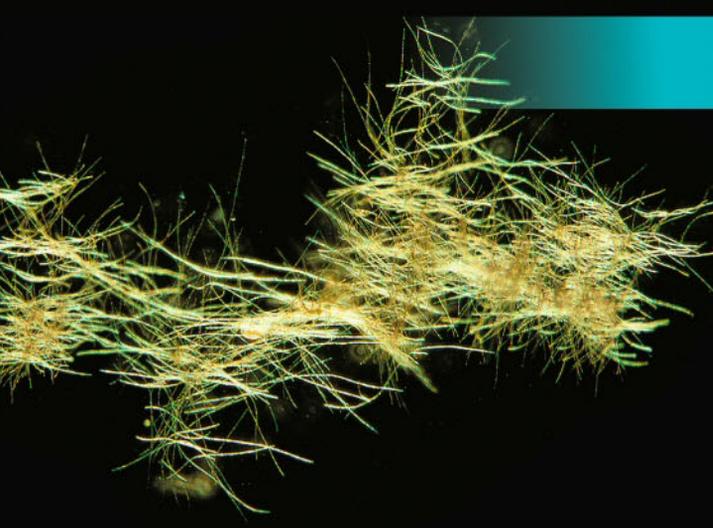
Et ses conclusions dépassent les frontières de l’océan. *“Ce que l’on a découvert ici va peut-être se révéler vrai pour tous les autres écosystèmes, s’enthousiasme ce spécialiste de l’écologie marine. Les protistes sont longtemps restés un sujet d’étude assez anecdotique, or ce nouvel équilibre de la biodiversité pourrait bien être la règle.”*



## Acteur clé du climat, il dépend aussi largement de la température

Pourvoyeur de 50 % de l'oxygène terrestre, initiateur de la formation des nuages océaniques, le plancton a une grande influence sur le climat... qui le lui rend bien. *"Pour les bactéries, c'est principalement la température de l'eau qui détermine la composition de la communauté planctonique, en matière de diversité des espèces mais aussi des gènes"*, explique Eric Karsenti, directeur scientifique de Tara Oceans, dont les équipes ont étudié les paramètres physico-chimiques de l'eau (salinité, acidité, densité...) à chaque prélèvement.

Le constat n'est pas aussi tranché pour tous les organismes (ci-contre un "ange de mer", ptéropode vivant dans les zones froides près des pôles). *"La température serait moins importante chez ceux de plus grande taille, explique Colombar de Vargas. Chez les eucaryotes, les interactions entre espèces déterminent énormément la structure de la communauté, et les paramètres environnementaux semblent avoir moins d'impact."*



## Les microbiomes des mers et de nos intestins se ressemblent

Vu le peu de points communs entre les deux environnements, le résultat semble étonnant: 73 % des gènes conservés (ceux toujours présents) du microbiome océanique (l'ensemble des génomes des bactéries, ci-contre *Trichodesmium*) se retrouvent dans l'intestin humain! Patrick Wincker, qui a dirigé le séquençage au Genoscope, relativise la surprise: *"Beaucoup de ces gènes correspondent à des fonctions basiques nécessaires au fonctionnement cellulaire. Quand on compare des fonctions aussi générales, c'est assez logique qu'un certain nombre soient communes, même si cela n'avait jamais été montré."* Quel que soit l'écosystème, il semble que les gènes fondamentaux soient toujours les mêmes.



ATLANTIQUE



PACIFIQUE

## A chaque océan son plancton

Les grands courants océaniques étaient souvent vus comme des "autoroutes à plancton", permettant leur dispersion à travers les océans. Jusqu'à ce que les chercheurs inspectent cette dispersion au niveau du courant des Aiguilles, le courant de surface le plus important au monde, au large de l'Afrique du Sud. "Là, 80 % de l'eau prend la forme de grands tourbillons de plus de 300 km de diamètre et jusqu'à 1 000 m de profondeur", décrit Emilie Villar, au laboratoire Information génomique et structurale du CNRS. "Nous pensions retrouver une communauté planctonique semblable à celle de l'océan Indien, d'où provient l'eau, poursuit-elle. Mais nous avons découvert une communauté très différente, qui ne ressemblait pas non plus à celle de l'océan Atlantique."

L'explication? La formation de ces tourbillons modifie considérablement l'environnement, dont la température de l'eau, ce qui change la composition du plancton. "C'est son mode de transport lui-même qui constitue une barrière à la dispersion du plancton", résume la chercheuse.



## Des espèces incroyablement connectées entre elles

Là encore, les experts ont été étonnés : le parasitisme semble être le mode d'interaction entre espèces le plus présent. Des bactéries qui parasitent des protistes ; des protistes qui parasitent des crevettes ; etc. (ci-dessus, une phronime a parasité une salpe, organisme gélatineux en forme de tonneau, pour se façonner un abri). Les biologistes ont observé les paires retrouvées systématiquement ensemble, fait tourner un algorithme identifiant les types d'interaction les plus communs (prédation, symbiose, compétition...), puis validé leurs hypothèses au microscope.

Autre surprise : les réseaux d'interaction se révèlent incroyablement vastes et complexes. Ce qui est source de fragilité pour l'écosystème planctonique : *"Si une espèce clé, très connectée, est perturbée par un changement de l'environnement, cela peut avoir un impact important sur l'ensemble du réseau"*, estime Samuel Chaffron, à l'université catholique néerlandophone de Louvain (Belgique).

# VOUS AVEZ BEAUCOUP À NOUS APPRENDRE !

Vous lisez Science & Vie et vous souhaitez nous faire partager vos idées, vos opinions ou commentaires ?

**DEVENEZ LECTEUR CONSEIL**

Inscrivez-vous sur [www.lecteurconseil.com](http://www.lecteurconseil.com)  
et laissez-vous guider.

Vous serez consulté en moyenne une fois par mois, vous répondrez à votre convenance selon les thèmes proposés. À chaque consultation, vous cumulerez des points que vous pourrez échanger en cadeaux ou chèques cadeaux.

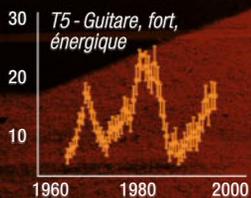
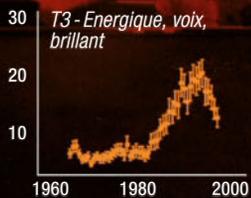
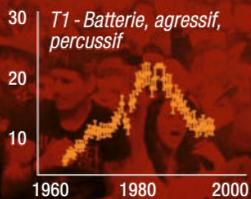
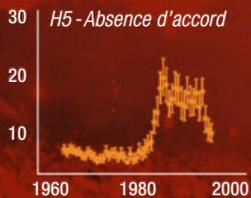
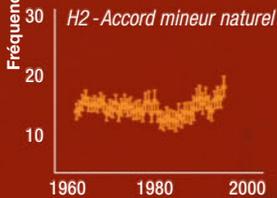
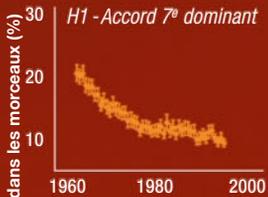
**SCIENCE & VIE**



Conformément à la loi informatique et liberté du 6 janvier 1978 il ne sera fait aucun usage de vos coordonnées personnelles. Les questionnaires seront traités de façon entièrement anonyme et resteront la propriété de Mondadori France. Vous pouvez vous désinscrire à tout moment.

## Ce qui a émergé en 40 ans... et ce qui a disparu

Entre essor et déclin de certains ingrédients, la "cuisine" musicale a évolué et les big data révèlent comment. La preuve en 6 "profils".



Rock, disco, rap, électro...

# La biologie réécrit l'histoire de la pop

Prenez 20 000 "tubes", passez-les au filtre de la biologie évolutive... et vous aurez la "véritable" histoire de la *pop music* ! Sérieux ? L'enquête de **Coraline Loiseau**.

**P**our classer espèces, familles, genres... et découvrir les chemins pris par le vivant au cours de l'évolution, les biologistes se sont longtemps contentés d'observer les créatures à portée de leurs yeux. Puis la génétique leur a offert un nouvel accès aux relations entre les espèces. Un moyen d'interroger ce qui distingue

les êtres vivants, devenu, ces dernières années, incroyablement puissant, appuyé par des programmes d'analyse informatique aptes à engloutir des quantités phénoménales de données génétiques.

La biologie est ainsi bien vite entrée, pour son plus grand profit, dans l'ère des "big data": le seul génome humain devrait représenter, d'ici dix ans, plusieurs exaoctets ( $10^{18}$  octets) de données.

Les musicologues aussi organisent la diversité musicale en genres, familles, courants... Eux aussi s'évertuent à dégager des liens de parenté, les moments où naissent de nouveaux styles... Sauf que la musique n'a pas la simplicité des séquences génétiques. Notes, timbre, orchestration, origine

ethnique... les critères sont nombreux et hétéroclites, qui guident les musicologues pour établir similitudes et disparités. Si bien que l'histoire de la musique dépend largement de ceux qui l'écrivent.

Jusqu'à présent, du moins. Car quatre chercheurs londoniens ont eu la drôle (mais excellente) idée de recuisiner l'histoire de la musique façon biologie évolutive, avec les recettes propres aux big data. Et les résultats obtenus par Matthias Mauch, expert en informatique musicale, Armand Leroi, développeur de la plateforme musicale Last.fm, Robert MacCallum et Mark Levy, biologistes, font souffler un vent nouveau dans l'arbre évolutif de la musique.

*"L'idée générale est qu'un changement culturel est basé sur un processus de variation-sélection similaire à un changement biologique",* explique Matthias Mauch (lire "Repère"). Or les biologistes disposent d'outils statistiques taillés sur mesure

## Repère

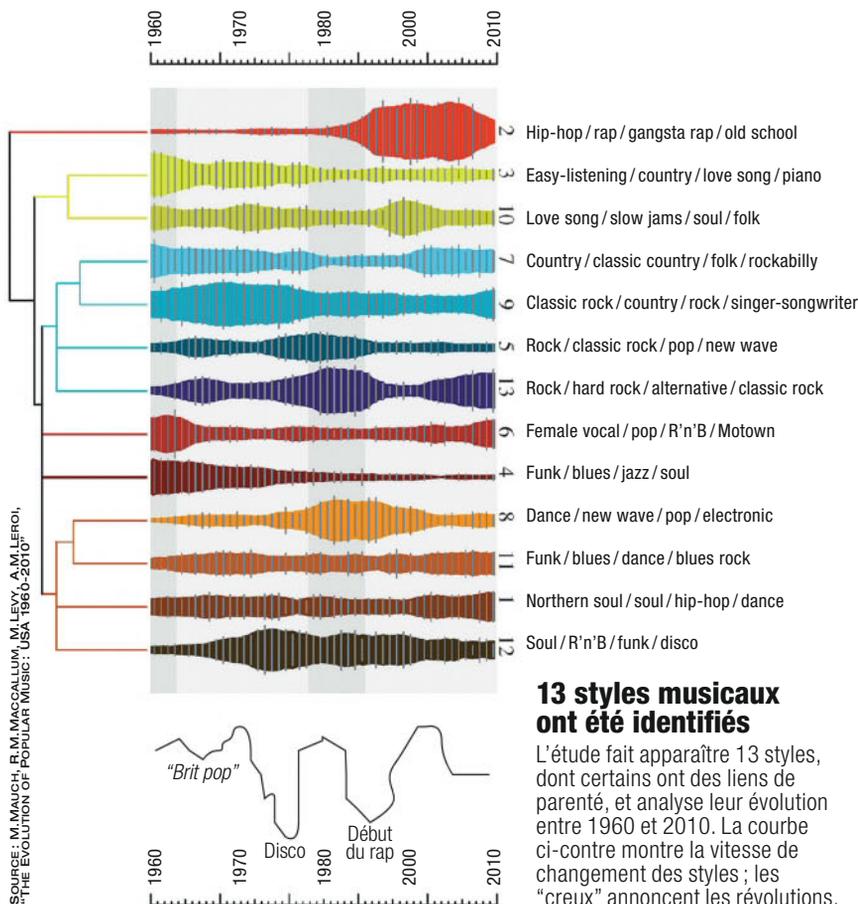
Les mécanismes expliquant la diversité du vivant se prêtent aussi à la description de la variété musicale. Le compositeur est influencé par ses prédécesseurs : c'est la copie d'un "organisme" original. Comme il puise à différentes sources, il y a "recombinaison" de caractéristiques. Enfin, il insère sa touche personnelle : l'équivalent de la "mutation" en génétique.

pour détecter ressemblances et particularités... "L'avantage des systèmes informatiques et mathématiques est qu'ils permettent d'analyser énormément de données", approuve Mattia Bergomi, qui travaille sur l'analyse mathématique de la musique à l'Ircam, à Paris.

Et n'en déplaise aux défenseurs d'une sensibilité musicale estampillée *Sapiens sapiens*, analyser un signal sonore n'est pas l'apanage de l'oreille humaine. Il est possible de développer des programmes capables de reconnaître les notes d'un morceau, et par extension les accords, qui définissent l'harmonie

(voir Jargon). D'autres identifient la "couleur" de la musique, son timbre: les instruments, la brillance, l'énergie...

Pour leur projet, les chercheurs ont programmé un logiciel qui analyse ces deux dimensions – harmonie et timbre – et les répartit chacune en 8 "profils types" (voir p. 84). Puis ils ont laissé leurs machines "écouter" et classer, en fonction de la présence plus ou moins marquée de ces 16 profils d'harmonie et de timbre, pas loin de 17 000 chansons – celles ayant rejoint le "Top 100" des meilleures ventes aux États-Unis, de 1960 à 2010.



### 13 styles musicaux ont été identifiés

L'étude fait apparaître 13 styles, dont certains ont des liens de parenté, et analyse leur évolution entre 1960 et 2010. La courbe ci-contre montre la vitesse de changement des styles; les "creux" annoncent les révolutions.

L'analyse informatique des strates sonores accumulées en cinquante ans a vite dégagé quelques événements marquants dans l'histoire de la pop. L'accord de septième de dominante – l'un des 8 profils harmoniques – est, par exemple, devenu quatre fois moins fréquent en cinq décennies. En cause: les tubes de jazz, usant régulièrement de cet accord, nombreux dans les *charts* en 1960, en sont sortis peu à peu.

Autre exemple, côté timbre: le profil "batterie-agressif-percussif" affiche un pic dans les années 1980. En clair: l'arrivée des boîtes à rythme et des *samplers* n'a pas échappé aux programmes informatiques.

Mais en décortiquant le profil sonore des 17 000 morceaux du Top 100, les chercheurs font mieux que détecter des changements isolés: ils ont redéfini 13 styles musicaux, apparaissant ou disparaissant en cinquante ans d'évolution (voir graphe ci-contre). Mieux: ils ont découvert leurs "liens

SYNDICATION/MIRRORPIX/CORBIS - DR - M. HUTTON/RED FERNS/GETTY



## Jargon

**L'harmonie** désigne la combinaison de plusieurs notes (correspondant à des fréquences sonores), qui forment des accords dont l'enchaînement dessine "l'ambiance" d'un morceau. **Le timbre**, lui, serait plutôt sa "couleur", dont les paramètres (fréquences, brillance) permettent de différencier, par exemple, un piano d'une trompette.

de parenté". Certains styles partageant des caractéristiques sonores peuvent ainsi être regroupés en ensembles plus vastes, à la manière d'espèces vivantes formant des familles sur l'arbre de l'évolution.

Pour rendre intelligible aux humains ce nouvel arbre évolutif de la pop, les chercheurs ont accolé à leurs nouveaux styles les étiquettes attribuées usuellement aux morceaux par les utilisateurs de la plateforme Last.fm. Le style n°8 identifié par les programmes peut ainsi être étiqueté

### <^ LE SUCCÈS MASQUE LA PERTE DE DIVERSITÉ

Aux époques des grands groupes à succès (les Beatles, Abba...), la diversité musicale s'appauvrit. Le rap (ici, LL Cool J) va la relancer.

"dance/new wave/pop/electronic". Le style n°11 porte l'étiquette "funk/blues/dance/blues rock". Tous deux se situent sur la même branche de l'arbre évolutif dessiné par les machines, et partagent des caractéristiques sonores avec le style n°12, "soul/R'n'B/funk/disco". Le style n°2, lui, est dénommé "hip-hop/rap/gangsta rap/old school" et... il ne partage aucune "parenté" statistique avec les 12 autres styles!

### LE BIAIS DES DONNÉES DE BASE

Ces nouveaux embranchements réécrivent-ils l'histoire des succès populaires? "Les retours sont divisés, admet Matthias Mauch. Certains musicologues soutiennent que notre approche est incompatible avec leur tradition, mais nous pensons que ce n'est qu'une question de temps avant que l'analyse scientifique n'apporte un complément à l'analyse à l'oreille."

Au vrai, les conclusions des analyses, comme toute recherche en big data, dépendent fortement des données utilisées. "Mes études préliminaires sur les hits britanniques suggèrent un tableau différent, poursuit le chercheur. Par exemple, le hip-hop a beaucoup moins d'influence dans les hits européens qu'américains."

A l'université Paris 3, le sociologue Gérôme Guibert, spécialiste des musiques populaires, relève les mêmes limites: "Les résultats seraient différents en France. Et le Top 100 présente deux biais. Il passe à côté de certains styles, comme le métal, qui ne sont plébiscités que par une tranche restreinte de la population mais sur le long terme. Et il fait l'impasse sur la consommation musicale des jeunes à partir des années 2000, qui passe beaucoup par le téléchargement illégal." →

→ Malgré ces défauts, cette analyse big data permet de répondre à une question de fond : la musique est-elle de plus en plus uniforme ou, au contraire, de plus en plus diverse ? Pour le coup, les chercheurs sont clairs : *“Il n’y a pas de preuve d’une homogénéisation progressive de la musique.”*

Ce qu’ont découvert Matthias Mauch et ses collègues, c’est que *“l’évolution de la*

aussi du hard rock. En 1984, la diversité est à son minimum, disco et new wave dominant.

Elle va cependant augmenter à nouveau avec l’arrivée du rap et du hip-hop. Et le moment où tout s’accélère est l’année 1991, deuxième révolution de la pop mise en évidence par les big data.

Dans les premières années étudiées, une troisième révolution, plus discrète mais ô

*niques aient pu contribuer à cette révolution, ils ne peuvent en être entièrement responsables”,* concluent les chercheurs londoniens, *fair-play.*

### CHANSON CHERCHE PARENTS

Un nouveau regard sur l’apparition des styles musicaux, la détection de moments clés dans l’histoire des genres... Forts de ces premiers succès, les musicologues version big data veulent aller plus loin. *“Nous travaillons actuellement à estimer le lien que partagent deux chansons. Nous aurons sûrement besoin d’étendre notre base de données, prévoit Matthias Mauch : il est bien possible que beaucoup de chansons n’aient pas de ‘parents’ dans la population de 17094 morceaux dont nous disposons pour cette étude.”*

Autre objectif de l’équipe : étendre l’analyse jusque dans les années 1940, pour vérifier que le rock’n roll est bien né en 1955, comme le suggèrent les approches historiques.

Mais les applications pourraient dépasser le simple domaine musical. *“Tout ce qui dispose d’un stockage digital (vidéos, photos d’art, plans architecturaux...) peut être analysé de la sorte, et nous pensons que c’est une tendance qui va croissant”,* envisage Matthias Mauch. C’est peut-être tout un champ d’étude qui s’ouvre : les mouvements culturels de toute nature pourraient être étudiés comme l’évolution de la vie.

## Les big data à la recherche des origines de la musique

**D’un pays à l’autre, d’une génération à l’autre, les morceaux écoutés n’ont parfois rien à voir. Quoique... Des chercheurs du département de biologie cognitive de l’université de Vienne se sont penchés sur ce qui rend la musique universelle. En étudiant, avec des outils informatiques utilisés en biologie, 304 enregistrements issus du monde entier, ils ont identifié 18 caractéristiques musicales communes à tous, et 10 autres récurrentes. Sans trop de surprise, certaines sont en lien avec la hauteur (tons séparés) ou le rythme (croches, triolets). Mais d’autres relèvent du contexte social et de la forme de la performance. Les chercheurs supposent que ces caractères partagés pointent le rôle originel de la musique : favoriser la cohésion du groupe.**

*diversité musicale est marquée par des événements uniques : la montée en puissance et la chute de certaines manières de faire de la musique”.* A des moments précis, certains styles s’étiolaient, pendant que de nouveaux s’installent, puis dominant le terrain musical.

Précisément, les chercheurs ont mis en évidence trois de ces tournants, trois révolutions de la pop.

En 1983, la diversité dans les timbres diminue : les “batterie-agressif-percussif” et “guitare-fort-énergique” s’imposent, signalant le début du règne de la new wave et du disco, mais

combien cruciale, s’est manifestée en termes de diversité : 1964. Cette année signe l’avènement du rock britannique, la “Brit pop”, dans le Top 100 américain. Avec, à la clé, la conclusion scientifique d’un débat vieux de quarante ans : les Rolling Stones et les Beatles ont-ils réellement initié une révolution rock ? Les résultats montrent qu’il faudrait ranger le mythe au placard. Car, à bien regarder les données, la montée en puissance rapide du genre en 1964 ne fait que confirmer une tendance déjà à l’œuvre dans les années précédentes. *“Bien que les Britan-*

A consulter : les publications de l’équipe de Matthias Mauch et de celle de l’université de Vienne ; le site du sociologue Gérôme Guibert.

**EN SAVOIR PLUS**

science-et-vie.com

# & Science techniques

LA FRANCE  
SANS NUCLÉAIRE  
90



VACHE LAITIÈRE 2.0  
100



VOITURE VOLANTE  
106





**LA FRANCE**  
**SANS**  
**NUCLÉAIRE**  
**C'EST POSSIBLE !**



Eolien, solaire, hydraulique : à elles seules, ces énergies renouvelables pourraient subvenir à la totalité des besoins énergétiques de l'Hexagone d'ici à 2050 ! Tel est le constat, très dérangeant, d'une étude de la très officielle Ademe. Sur quelles bases ? A quel prix ? Patrie du nucléaire, une France "100 % verte" est-elle crédible ? Le dossier de **Vincent Nouyrigat**.

#### Contexte

Cet été, le Parlement a adopté la loi sur la transition énergétique pour la croissance verte. Mesure phare : réduire la part du nucléaire dans le mix énergétique national de 75 % à 50 % d'ici à 2025. De là à imaginer une sortie du nucléaire...

SHUTTERSTOCK

## La France possède un véritable potentiel "vert"

Pour évaluer le potentiel français, les chercheurs ont analysé les cartes de puissance des vents et d'irradiation solaire issues de la Nasa. Ils ont aussi évalué la force des marées et de la houle, avant de convertir ces données en capacité de production d'électricité. Ce potentiel a ensuite été confronté aux contraintes du terrain : reliefs, réserves naturelles, présence d'habitations... Il ressort de toutes ces analyses un gisement exploitable abondant et bien réparti à l'échelle du pays.



### ÉOLIEN

La France sans énergie nucléaire... Ce titre ressemble à une provocation. Un crime de lèse-majesté. Une proposition presque aussi indécente que celle qui consisterait à priver l'Hexagone de vin rouge ou de camembert ! Aucune institution, aucun laboratoire n'avait jusqu'ici osé explorer ce cas de figure énergétique, du moins publiquement.

Avouons-le : cette hypothèse sulfureuse est difficile à formuler dans un pays dont l'électricité – et par là une grande partie de son confort et de sa puissance économique – repose à 75 % sur la fission nucléaire. Un pays jalonné de 58 réacteurs répartis sur 19 sites générateurs d'emplois. Un pays où tout scénario énergétique qui se respecte contient toujours à long terme une bonne tranche d'atome... malgré la catastrophe de Fukushima et les déboires du réacteur EPR.

C'est simple, en France, l'idée d'une sortie du nucléaire évoque inévitablement un "retour à la bougie". Ici peut-être

plus qu'ailleurs, les alternatives sobres en carbone sont réputées peu crédibles (lire notre "dossier noir des énergies vertes", S&V n° 1086, mars 2008). Et pour cause : plombés par leur dépendance à la météo du moment, éoliennes et panneaux photovoltaïques semblent incapables de répondre à la demande d'électricité – à moins de mobiliser des moyens de secours considérables et ruineux.

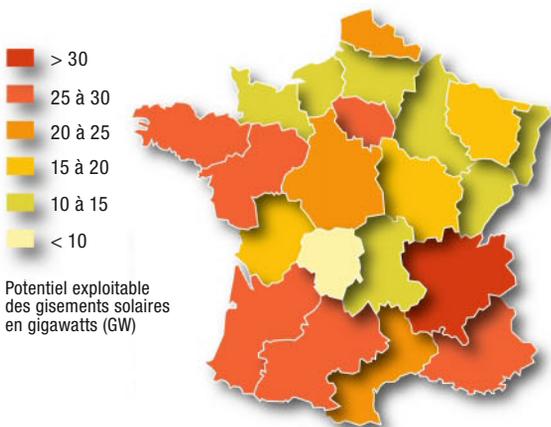
## Un scénario 100 % vert a de quoi déranger dans un pays si attaché à l'atome

*"A tout moment, la production d'électricité et sa consommation doivent être parfaitement égales, sinon le réseau risque de s'effondrer dans la minute", rappelle Nouredine Hadjsaid, à l'Institut national polytechnique de Grenoble. Cet exigeant équilibre ne paraît pouvoir être assuré que par des générateurs thermiques puissants, disponibles et délivrant leurs électrons sur commande.*

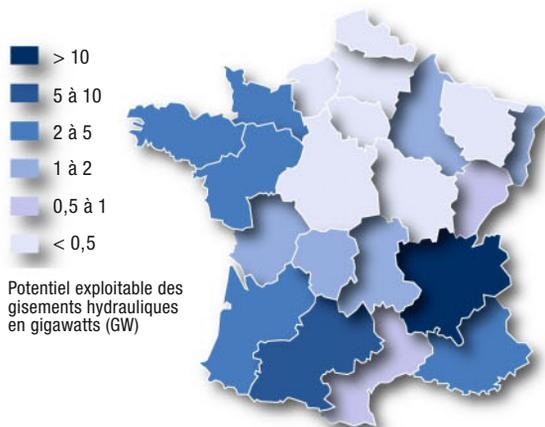
Sauf que la situation a évolué. Contre toute attente, ce discours passe de plus en plus pour un tissu d'idées préconçues aux yeux des chercheurs. *"Il est facile de se montrer a priori pessimiste sur l'exploitation à grande échelle des énergies renouvelables si l'on ne se donne pas la peine de mener les travaux de recherche nécessaires, tance Robin Girard, du centre Procédés, énergies renouvelables et systèmes énergétiques (Mines ParisTech). Avant de pouvoir conclure, il faut conduire des simulations fastidieuses, explorer de longues séries climatiques, résoudre des problèmes d'optimisation ardues..."*

Un travail laborieux que mène depuis plus d'un an l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe). Le titre de l'étude en préparation est sans ambiguïté : "Vers un mix électrique 100 % renouvelable en 2050". En clair, *exit* la dizaine de centrales à gaz, au fioul et au charbon de l'Hexagone. *Exit* surtout les 58 réacteurs tricolores et,

B.BELANGER



## SOLAIRE



## HYDRAULIQUE

SOURCE : ADEME

avec eux, le risque d'accident nucléaire sur notre territoire ou le problème de nouveaux déchets hautement radioactifs.

### UNE CONCLUSION TROUBLANTE

Assurément, cette audace surprend de la part d'un établissement public placé sous la tutelle du ministère de l'Ecologie... *"Le but de cette étude n'est pas d'imaginer l'avenir énergétique de la France en 2050, ni d'orienter la politique nationale vers une sortie du nucléaire, s'empresse de préciser David Marchal, de la direction des programmes de l'Ademe. Il s'agit simplement de combler un déficit de connaissances sur l'intégration massive d'énergies renouvelables dans l'Hexagone, études qui ont déjà été menées aux Etats-Unis ou en Allemagne."*

Des précautions qui ne pèsent pas lourd face au trouble provoqué par la démarche. D'abord annoncée par le service de presse de l'Ademe comme le point d'orgue d'un colloque devant se tenir les 14 et 15 avril derniers à Paris en présence

de la ministre de l'Ecologie Ségolène Royal, la présentation de ce scénario 100 % vert a disparu comme par enchantement du programme. De quoi donner du grain à moudre aux médias. Début avril, le site Mediapart révélait une version provisoire de ce "rapport caché". Au final, l'étude complète et détaillée doit être rendue publique ce mois-ci.

Sa conclusion, déjà connue, est bouleversante: d'un point de vue technique autant

qu'économique, la France pourrait tout à fait fonctionner, d'ici quelques décennies, uniquement à partir de sources renouvelables. Autrement dit, la sixième puissance mondiale et ses 66 millions d'habitants pourraient être alimentés en électricité – et sans coupure – par le souffle du vent, les rayons du soleil et l'eau qui dégringole des montagnes.

*"Nous avons simulé sept années météorologiques heure par heure, puis combiné ces*



## Partout en Europe, l'irrésistible ascension des énergies vertes

Le chiffre fait déjà forte impression: près de 20 % de l'électricité produite en France en 2014 était d'origine renouvelable – barrages compris. Désormais, les productions éolienne et photovoltaïque surpassent dans notre pays celle des centrales à combustible fossile! Ailleurs en Europe, les proportions sont encore plus frappantes. On passera sur les cas particuliers de l'Autriche, de la Suisse ou de la Norvège, gorgées d'hydroélectricité. Mais songez que le vent est devenu la première source d'électricité en Espagne; au Danemark, l'offre électrique est déjà assurée à environ 40 % par l'éolien, et ce pays pionnier projette d'atteindre les 100 % d'énergie renouvelable dès 2035; enfin, l'Allemagne, résolue à sortir du nucléaire d'ici sept ans, vise les 80 % d'énergie verte en 2050 – le très sérieux Institut Fraunhofer estimant même l'objectif des 100 % réalisable...

## Ce qu'il faudrait pour remplacer le nucléaire

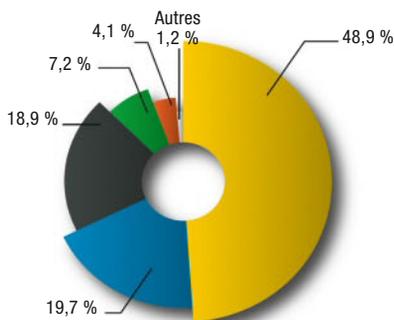
Une France 100 % verte exigerait une transformation massive de l'appareil de production. Il faudrait déculper le nombre d'éoliennes et de panneaux photovoltaïques au sol ou sur les toitures. Seule la réserve hydraulique, déjà largement exploitée dans les massifs, ne demanderait que de modestes adaptations.



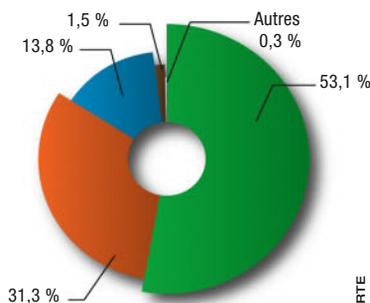
**10 fois plus d'éoliennes**  
Elles seraient 50 000, pour une puissance installée de 100 GW.

### Dans le scénario 100 % vert de l'Ademe, l'éolien deviendrait la principale source d'énergie

Répartition des différentes sources d'énergie en 2014 (puissance installée)



Répartition des différentes sources d'énergie en 2050 (projection)



→ simulations à des scénarios de demande d'électricité: le mix 100 % renouvelable ainsi modélisé assure en tout point l'équilibre entre l'offre et la demande", expose Alice Chiche, qui participe à l'étude.

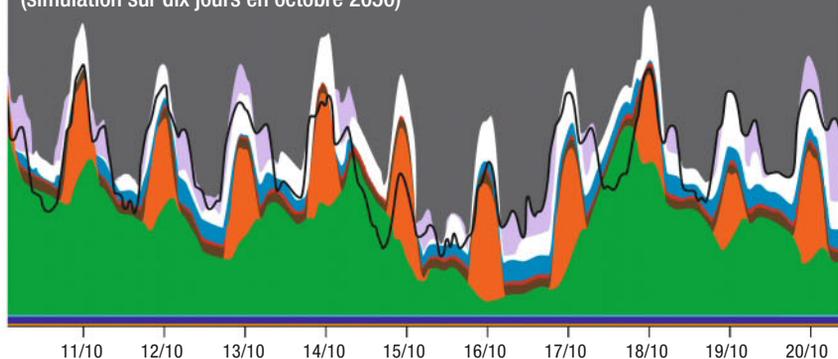
Ce résultat a d'autant plus de valeur scientifique que les auteurs de ce travail n'ont rien de hippies ou de militants éclairés. L'Ademe a notamment fait appel à des chercheurs de l'Ecole des mines et à des ingénieurs d'Artelys, un bureau d'études de référence exerçant auprès de grands énergéticiens européens – y compris EDF, l'opérateur national si attaché au nucléaire.

"Cette étude tient la route", soutient Jean-Philippe Roudil, responsable de la prospective chez Réseau de transport d'électricité (RTE). "Je m'attendais à quelque chose d'exotique, mais leurs hypothèses ont été suffisamment réfléchies", retient Sylvain Cail, analyste au sein du cabinet Enerdata. "Les auteurs ont pris beaucoup de précautions, c'est très bien fait, admire

SOURCES: ADEME, RTE

P: FRUTIER/LIGHT MOTIV - R. DUVIGNAN/REUTERS - DE AGOSTINI/GETTY - B.BELLANGER

### L'équilibre entre l'offre et la demande d'électricité serait maintenu (simulation sur dix jours en octobre 2050)





**11 fois plus de panneaux solaires**

Ils formeraient de vastes centrales au sol (500 km<sup>2</sup> au total).



**1,1 fois la taille du parc hydraulique actuel**

Seuls de modestes ajustements seraient nécessaires sur les barrages.

Pierre Pinson, professeur d'énergétique à l'université technique du Danemark. *La démarche est d'autant plus louable que, à la différence du Danemark, la France n'a pas pour objectif officiel d'atteindre les 100 % d'électricité verte.*

#### AUCUNE LIMITE SCIENTIFIQUE

L'exploit des 100 %, jugé farfelu il y a encore quelques années, prend consistance un peu partout en Europe (lire l'encadré p. 93). *"Il n'y a pas de limite scientifiquement établie, reconnaît Jean-Philippe Roudil. Pour l'heure, nous nous préparons à*

*accueillir sur le réseau français 40 % d'énergies renouvelables en 2030."* En attendant mieux... Beaucoup mieux?

Les performances des éoliennes et le coût des panneaux solaires ont cessé d'être un problème: le temps de production des premières a été allongé de 30 % pour les dernières générations; les prix des seconds divisés par 10. Par ailleurs, l'Hexagone ne manque pas de potentiel naturel exploitable (voir les cartes pp. 92-93).

Encore faut-il que ce gisement mirifique puisse répondre à la demande d'électricité nationale

à tout moment de l'année. Car tel est bien le tour de force à accomplir pour alimenter un pays à partir de sources 100 % renouvelables, en grande partie intermittentes. Un tour de force qui nécessite des calculs d'optimisation pointus, pratiqués de manière inédite en France pour l'étude de l'Ademe.

Les scientifiques devaient trouver le meilleur assemblage possible entre des sources non pilotables, produisant de l'électricité au gré du vent et de l'ensoleillement, quelques sources constantes, comme la géothermie, et des dispositifs pilotables, à l'image des barrages-réservoirs ou de la combustion de biomasse (matière organique), déclenchés à volonté.

Et ça marche! Sans que le coût de l'électricité, dans le mix énergétique ainsi composé, ne devienne exorbitant: de l'ordre de 119 euros par MWh, contre 117 euros dans un scénario avec 50 % de nucléaire, et environ 90 euros aujourd'hui.

Dès lors, tout l'art consiste à gérer les surplus et les déficits d'électricité (lire les encadrés

## Un paysage français bouleversé

**C'est indéniable: les énergies vertes nécessitent des dispositifs nombreux et volumineux... voire envahissants. Une France 100 % renouvelable serait parcourue de 50 000 éoliennes (contre 4 000 aujourd'hui), sur 17 000 km<sup>2</sup> au total (l'équivalent du Limousin), quand les 19 sites nucléaires actuels ne mobilisent qu'une vingtaine de km<sup>2</sup>. S'il sera toujours possible de pratiquer agriculture et élevage sous ces turbines hautes de 150 m, leur omniprésence relève pour certains du cauchemar. A cela s'ajouteraient 500 km<sup>2</sup> de panneaux solaires au sol ou encore les aménagements liés aux nouvelles lignes électriques de raccordement. Un problème que l'Ademe n'a pas pris à la légère dans ses calculs, et sur lequel travaillent des paysagistes.**

→ ci-contre). Lorsqu'il y a profusion d'énergie solaire (vers 13 heures) ou éolienne, et que la demande est faible, la bonne idée consiste à stocker les surplus. Puis à réinjecter ces réserves dans le réseau aux moments les plus tendus, lors des pics de consommation par exemple.

Là où les chercheurs de l'Ademe se montrent convainquants, c'est qu'ils ont simulé les situations les plus périlleuses pour le système électrique: vent trop discret en pleine période de grand froid et de forte consommation (comme en février 2012), faible ensoleillement, etc. Verdict des algorithmes? Ça passe toujours!

#### UN RÉSEAU ASSEZ FLEXIBLE

Notre pays dispose en effet de plusieurs atouts pour gérer au mieux une production d'électricité en dents de scie. Le réseau repose en particulier sur de nombreuses installations hydroélectriques, dont quelque 150 grands barrages-réservoirs mobilisables en moins de dix minutes. Sans oublier six stations de pompage-turbinage, formées de deux retenues artificielles aménagées à des altitudes différentes: l'eau s'ébroue vers l'aval en actionnant des turbines quand il faut produire de l'électricité (parfois en urgence), puis est remontée par des pompes électriques quand les électrons sont en excès sur le réseau, constituant alors une précieuse forme de stockage.

Ironie de l'histoire, "ces près de 5 GW de flexibilité ont été bâtis pour pallier le manque de souplesse des réacteurs nucléaires, et ils pourraient désormais favoriser l'intégration des énergies renouvelables",

## 3 défis attendent encore le réseau pour passer au "vert"

### **Électronique** Stabiliser le réseau électrique même en cas d'incident

Si elles veulent supplanter les centrales conventionnelles, les énergies vertes doivent assurer les mêmes services: participer au réglage de la tension et de la fréquence, et maintenir la stabilité du réseau électrique en cas d'incident. Les anciennes générations d'éoliennes et de panneaux solaires se déconnectaient au moindre creux de tension, semant le chaos sur le réseau. Ce n'est heureusement plus le cas: les équipements renouvelables sont désormais assistés de convertisseurs électroniques de puissance, "des transistors et un interrupteur qui assurent la qualité de l'onde électrique", résume

Jean-Luc Thomas, chercheur en électrotechnique. Un contrôle effectué à condition... que le vent souffle ou que le soleil brille. Autre limite: "A la différence des centrales conventionnelles, qui sont d'immenses machines tournantes, les renouvelables n'offrent pas suffisamment d'inertie au réseau – essentielle en cas d'incident", avertit Bertrand Raison, à l'université de Grenoble. Parvenir à reconstituer ces propriétés est un champ d'investigation très ouvert. Tout comme le pilotage d'inédits réseaux à courant continu qui irrigueront les champs d'éoliennes off-shore.



fait remarquer Olivier Lacroix, du cabinet d'études Enea.

"En analysant les besoins de stockage à l'horizon 2030 lors d'une précédente étude, nous avons été surpris de constater que le réseau français actuel peut faire face à de fortes capacités d'énergies intermittentes, signale David Marchal. C'est seulement à partir de 20 GW de photovoltaïque [contre environ 5,5 GW aujourd'hui] que le besoin d'infrastructures supplémentaires se fait sentir."

Oui, mais personne n'imagine construire de nouveaux réservoirs hydroélectriques en inondant une vallée des Alpes ou des Pyrénées comme dans les années 1950. Atteindre →





## **Chimie** Stocker les surplus pour constituer des réserves

La transition énergétique est aussi une affaire de chimistes. Parmi les dizaines de modes de stockage d'électricité disponibles, les batteries sont parmi les plus réactives pour absorber et restituer les surplus d'énergie solaire ou éolienne. Le milliardaire américain Elon Musk compte généraliser dans les maisons l'usage de batteries à lithium-ion, célèbres pour leurs applications mobiles (téléphones, etc.). Les batteries de nos véhicules électriques pourraient aussi participer à ce stockage. D'autres sérieux candidats sont sur les rangs pour un stockage de masse. L'espoir repose sur les dispositifs *redox flow*, où un électrolyte

(substance conductrice) à base de vanadium circule dans le système. Ces batteries permettent d'accomplir de nombreux cycles et de grandes profondeurs de décharge (quantités d'énergie qui peuvent être prélevées sur la batterie avant de devoir la recharger), mais demeurent volumineuses (50 m<sup>3</sup> par MW). *"Nous recherchons des solutions échangeant deux ou trois électrons, au lieu d'un seul pour le vanadium"*, indique Didier Floner, de l'Institut des sciences chimiques de Rennes. Autre piste, convoitée entre autres par les ingénieurs d'EDF : la batterie zinc-air, à très haute densité d'énergie mais encore difficile à recharger.

## **Informatique** Adapter l'offre à la demande en permanence

Face à tant d'énergies fluctuantes, assurer l'équilibre entre l'offre et la demande exige de faire appel à de puissants algorithmes. Eux seuls permettent de calculer la composition du parc électrique optimal. Les prévisions météo pointues sont un autre axe de recherche : *"Nous travaillons sur les prévisions probabilistes de conditions instables, notamment les variations brusques et importantes de vent"*, indique Georges Kariniotakis, directeur de recherche à l'École des mines de Paris. Des modèles à base d'intelligence artificielle commencent à être utilisés. Du côté de la demande d'électricité adaptable, les informaticiens recherchent l'architecture capable de traiter des informations mêlant l'état du réseau électrique, la consommation des particuliers et la juste prévision des besoins.

→ un mix 100 % renouvelable exigerait donc de faire appel à d'autres formes de stockage.

Outre les batteries électrochimiques, un mode de conversion, baptisé *power to gas*, est considéré comme la solution la plus prometteuse. Il pourrait être opérationnel en France dès 2030. Son principe : convertir les surplus d'électricité en gaz (par réaction d'hydrogène avec du dioxyde de carbone issu de

électriques devrait être savamment optimisée, et les chauffages électriques capables de s'éteindre et de reporter leur utilisation. "Pour les particuliers, le modèle économique reste à inventer", admet Michel Béna, directeur *smart grids* ("réseaux d'électricité intelligents") chez RTE.

Les défis du 100 % renouvelable sont loin d'être anecdotiques. Porté essentiellement

les programmes de recherche et développement", estime Georges Kariniotakis, à l'Ecole des mines de Paris.

### DIFFICILE À METTRE EN ŒUVRE

Reste que "cette étude conceptuelle est très peu cohérente avec la notion de transition énergétique, oppose Jean-Guy Devezeaux de Lavergne, directeur de l'Institut de technico-économie des systèmes énergétiques (CEA). Pour un parc électrique constitué et une demande atone, nos simulations montrent que l'opportunité économique de remplacer des centrales est très faible. L'arrêt prématuré d'un réacteur nucléaire coûte plusieurs milliards d'euros..." Des réacteurs, au passage, très sobres en CO<sub>2</sub>. Faire disparaître aussi radicalement le nucléaire français semble donc difficile à imaginer (lire l'encadré ci-contre).

Alors, le 100 % vert, concept éthéré ou projet de société crédible? Cette étude a au moins l'avantage de livrer un résultat scientifique dans un débat jusqu'ici dominé par l'idéologie et les intérêts industriels. Ce résultat mérite d'être entendu : techniquement, ce mix électrique révolutionnaire ne doit plus être considéré comme impossible. "Quand on voit la sophistication du programme nucléaire français, les problèmes que nous avons à résoudre ne semblent pas si insurmontables", lance Robin Girard.

Un discours qui, il y a encore quelques années, serait passé pour de la pure provocation...

## Le nucléaire ne désarme pas

**En France, le nucléaire est une forteresse difficilement prenable. EDF n'a pas hésité à déboursier 10 milliards d'euros pour adapter ses sacro-saints réacteurs aux nouvelles exigences de sûreté après Fukushima. "On parle beaucoup des recherches en énergies renouvelables, mais le nucléaire connaît aussi des progrès techniques", souligne Jean-Guy Devezeaux de Lavergne (CEA). L'opérateur tricolore travaille à une nouvelle version du réacteur EPR, moins chère et plus facile à mettre en œuvre – cet EPR qui a été conçu pour une durée de vie d'au moins soixante ans à Flamanville... s'il démarre un jour. Ensuite se pose la question coûteuse et embarrassante du démantèlement des centrales. Et puis, un autre candidat pourrait émerger vers 2050 : la fusion nucléaire, dont un prototype (Iter) est en construction.**

la biomasse), qui pourrait ensuite être brûlé pour générer de l'électricité en hiver ou en cas d'erreur grossière de prévision de production éolienne.

Les consommateurs français ne perdraient donc rien de leur confort... A ceci près que la consommation d'électricité devra s'adapter aux fluctuations des ressources renouvelables. "Ainsi, les ballons d'eau chaude devraient s'enclencher en milieu de journée, et non plus la nuit, pour bénéficier du pic de production des panneaux photovoltaïques", illustre David Marchal. La recherche de millions de véhicules

par des énergies variables, le système électrique n'aurait plus les mêmes caractéristiques et développerait des réactions radicalement différentes. "Je ne vois pas du tout comment cela pourrait être piloté, s'inquiète Xavier Guillaud, professeur à l'Ecole centrale de Lille. Toutes les théories actuelles, tous les livres d'électrotechnique seraient à jeter à la poubelle!" "On ne dit pas que c'est facile, répond David Marchal. Cela demande évidemment des analyses plus poussées."

"L'objectif d'une telle étude est justement d'identifier les défis techniques et d'orienter

A lire : le rapport de l'Ademe.  
A suivre : la production d'électricité en temps réel.

★  
EN  
SAVOIR  
PLUS

science-et-vie.com

# Une croisière d'exception Vietnam - Cambodge 13 jours au fil du Mékong

Places limitées  
réservez vite !

A partir de  
**2063€** PAR PERSONNE  
au lieu de 2739€  
**13 JOURS / 10 NUITS**  
INCLUS vols réguliers, visites,  
pension complète...  
**PRIX SPÉCIAL LECTEURS !**  
Jusqu'à  
**676€**  
de réduction

## Les points forts **SCIENCE & VIE** VOYAGES ✈

- Un programme original : 9 jours de croisière et 3 à terre
- TOUTES les visites et les spectacles inclus
- Un tarif **TOUT COMPRIS**, spécial lecteurs
- Un bateau 4\* de 24 cabines, habillé de bois exotique.

Renseignements : 01 41 33 59 00 (\*Prix d'un appel local)  
ou [www.croisiere-lecteurs.com/sv](http://www.croisiere-lecteurs.com/sv)

## Hô-Chi-Minh (Saigon) - Phnom Penh - Temples d'Angkor

**D**écouvrez les hauts lieux classés au patrimoine de l'Unesco au rythme des flots du Mékong.

Cette croisière fluviale offre un angle idéal et un confort de voyage pour comprendre le Vietnam et le Cambodge d'hier et d'aujourd'hui.

**Science&Vie Voyages** vous propose ce programme de 13 jours pour découvrir la chaleureuse et trépidante **Hô-Chi-Minh-Ville**, les majestueux temples d'Angkor, Phnom Penh la coloniale et sa pagode d'argent, le fascinant spectacle des danses khmères.

le R/V Indochine



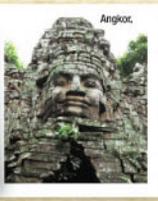
### DATES ET TARIFS DES CROISIÈRES

Septembre 2015	Octobre 2015	Novembre 2015	Décembre 2015	Janvier 2016	Mars 2016	Avril 2016
—	—	—	—	2 au 14 janv. 2381€ ↓	—	—
12 au 24 sept. 2203€ ↓	—	—	17 au 29 déc. 2063€ ↓	—	—	17 au 29 avril 2063€ ↑
22 sept. au 4 oct. : 2263€ ↑	24 oct. au 5 nov. : 2203€ ↑	—	—	—	22 mars au 3 avril : 2381€ ↓	—
—	30 oct. au 11 nov. : 2381€ ↓	24 nov. au 7 déc. : 2381€ ↑	27 déc. au 8 janv. : 2381€ ↑	—	—	—

Pré/post acheminement de votre région, nous consulter. Supplément/pers. pont supérieur : 111€. Supplément Nouvel An : 160€/pers.

↑ Sens en remontant : HO-CHI-MINH VILLE-SIEM REAP ↓ Sens en descendant : SIEM REAP (ou ANGKOR si extension) HO-CHI-MINH VILLE

**Avec Science&Vie Voyages tout est compris dans le tarif à partir de 2 063€ :**  
Le vol Paris / Hô-Chi-Minh Ville et Siem Reap / Paris - Les transferts aéroport / hôtel et bateau / aéroport ou inverse - En cabine double pont standard - L'hébergement en hôtel 4\* NL en chambre double à Siem Reap - La pension complète pendant tout le circuit - Les transferts, les visites et excursions mentionnées au programme - Les services d'un guide national francophone pour les visites - Des guides locaux pendant la croisière - Les services de notre directeur de croisière CroisiEurope à bord - Les boissons à tous les repas (1 soda ou 1 bière ou 1 eau minérale et café et thé par personne et par repas) - Thé, café et eau à volonté pendant la croisière - L'assurance assistance/rapatriement - Les pourboires (pour le personnel pendant la croisière). (NB : visas et taxes aéroport non inclus).



Et pour recevoir une documentation détaillée de votre croisière retournez ce bulletin à : Science&Vie Voyages - Croisière Mékong - CS 50273 - 27092 EVREUX Cedex 9

Nom \_\_\_\_\_ Prénom \_\_\_\_\_  
Adresse \_\_\_\_\_  
Code Postal [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] Ville \_\_\_\_\_  
Téléphone : [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] E-mail : \_\_\_\_\_

J'accepte d'être informé(e) des offres commerciales du groupe Mondadori France et de celles de ses partenaires. Avez-vous déjà effectué une croisière ?  Oui  Non

Conformément à la loi "Informatique et Libertés" du 8 janvier 1978, nous vous informons que les renseignements ci-contre sont indispensables au traitement de votre commande et que vous disposez d'un droit d'accès, de modification, de rectification et de suppression de ces données par simple courrier. Sans rattachement de votre part, ces informations peuvent être utilisées par des partenaires.

FIN DE TRAITE  
ROBOT EN PARKING

345.678.767.25





*Fin des quotas laitiers*

# Voici les vaches laitières 2.0

Capteurs connectés, robots... la filière du lait est en pleine révolution numérique. Avec quels effets sur l'élevage ? Et sur les bêtes ? L'enquête de **Mathieu Grousseau**.

**T**raire seul une centaine de vaches, les nourrir exactement selon leurs besoins, savoir pourquoi l'une donne un lait exceptionnel, l'autre pas... Un idéal d'éleveur que rend possible l'évolution conjointe des capteurs communicants, des robots de traite et du génotypage, c'est-à-dire l'évaluation du potentiel génétique des animaux.

Avec la fin des quotas laitiers (voir "Contexte") et dans une situation économique tendue, la transition d'un mode de production traditionnel à un mode de production toujours plus industrialisé va se poursuivre. Va-t-on voir les exploitations trop petites pour affronter la concurrence internationale se regrouper en exploitations géantes, accueillant plusieurs centaines de têtes ? Cette tendance est à l'œuvre ailleurs, notamment en Allemagne. Mais en France, la mutation la plus profonde de la filière laitière ne se présente pas sous le signe du gigantisme. Un autre vent la porte, et il est numérique.

Dans les prés ou à l'étable, de discrets boîtiers fleurissent autour du cou des bêtes, en

lieu et place des anciennes cloches. Leur mission ? Enregistrer le moindre mouvement de l'animal. Encore moins visibles, des capteurs sont noyés dans les méandres du système digestif des ruminants, témoignant, eux, de leur intimité métabolique. Et le métier se transforme une nouvelle fois.

Une première révolution a eu lieu entre 1983 et 2012, lorsque les progrès de la sélection et la mécanisation ont maintenu constante la production de lait, tout en divisant le nombre de vaches laitières par deux. Mais dans le même temps, celui des éleveurs l'a été par 5,5 ! Comment s'occuper d'un nombre accru de bêtes, maintenir la qualité du lait et améliorer encore la productivité des exploitations ?

La passion et les nuits trop courtes ne pouvant pas tout, ce sont désormais les capteurs et leurs flots de données qui prennent le relais. La mécanisation n'est plus globale, elle se veut adaptée à chaque animal pour plus de productivité. →

## Contexte

Attendue par les uns, redoutée par les autres, la fin des quotas laitiers est l'événement 2015 de la filière laitière. Depuis 1984, les quotas répartissaient strictement la production entre les pays européens. Sur le papier, chacun peut désormais produire à sa guise depuis le 1<sup>er</sup> avril. La course à la productivité est-elle relancée ?

→ Comme le résume Clément Allain, de l'Institut de l'élevage, "pour l'éleveur, l'accès aux données des capteurs permet un pilotage de son cheptel au plus près des besoins spécifiques de chaque animal. En ce sens, nous sommes réellement entrés dans l'ère de l'élevage de précision".

### DES ALERTES PAR SMS

Et si l'éleveur y gagne, il semble que les vaches aussi : moins d'attente avant la traite, des heures de traite plus en adéquation avec leur rythme naturel... Imaginez un élevage de vaches laitières toutes équipées d'un boîtier. Si l'une n'a pas ruminé depuis trois heures, l'éleveur reçoit une alerte par SMS qui lui signale un potentiel problème avec l'animal concerné.

Les colliers capables de détecter les périodes de chaleur des vaches ou de calculer leur temps de rumination quotidien sont aujourd'hui proposés par plusieurs entreprises. De même que d'autres capteurs qui, ingérés par l'animal et demeurant dans son système digestif toute sa vie, donnent accès à sa température en continu, afin de prédire les vélages ou de prévenir les infections. Les mesures



sont envoyées dans un centre de calcul où des algorithmes en extraient les informations utiles pour les éleveurs qui les reçoivent, contre abonnement, sur tablette ou sur smartphone.

Dans le cas des détecteurs de chaleurs ou de rumination par exemple, c'est à partir des données brutes d'un accéléromètre 3D, qui enregistre les mouvements de la vache,



que les algorithmes extraient l'information signifiante. La mesure des températures est assurée par des thermomètres électroniques, mais elle est recoupée avec les données des accéléromètres pour éviter les confusions : une baisse de température au niveau du capteur peut, par exemple, signaler tout bonnement que l'animal vient de boire...

Simple gadgets ? "C'est au contraire une tendance lourde qui s'inscrit dans un contexte d'augmentation de la taille des élevages et de réduction de la main-d'œuvre, à quoi s'ajoutent des exigences de plus en plus drastiques en termes de qualité et de suivi sanitaire. Sans oublier l'évolution d'une profession qui revendique désormais plus un métier qu'un sacerdoce", explique Vincent Chatellier, économiste à l'Institut national

FEEDPHONE - MEDRIA - J.-F. MARIN/DIVERGENCE - T. LOUAPRE/DIVERGENCE - ICTZUMA/REA

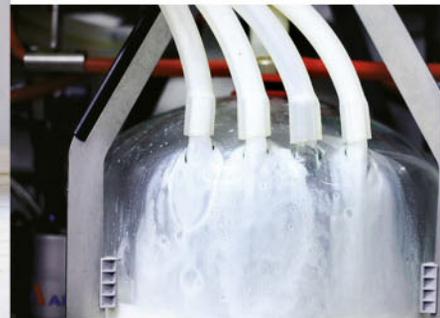
## La Ferme des 1 000 vaches, un ovni dans le paysage

La Ferme des 1 000 vaches, dans la Somme, alimente la crainte de voir les élevages laitiers français se muer en usines. Mais on en est loin : la taille moyenne d'un cheptel laitier est d'environ cinquante vaches. Certes, on assiste à une augmentation de la taille moyenne des troupeaux. "Les exploitations de 100 ou 200 vaches pourraient devenir communes, précise Vincent Chatellier, économiste à l'Institut national de recherche agronomique (Inra). Mais pour 1 000 vaches, il faudrait énormément de foncier agricole, et la France c'est aussi un bocage, des paysages, une façon d'occuper le territoire qui n'est pas celle-là."



Allain. *Ils sont aujourd'hui 4500, soit 6 à 7 % du total. Et un éleveur sur deux qui s'équipe d'un nouveau système de traite opte pour un robot.*"

La mise de départ est certes conséquente (à partir de 100 000 €), mais compensée sur le long terme par une réduction de la main-d'œuvre, par ailleurs très difficile à recruter pour cette tâche particulièrement pénible. Le premier bé-



### ▲ UN ARSENAL HIGH-TECH POUR PERSONNALISER LA PRODUCTION

Robots de traite et capteurs communicants fournissent à l'éleveur une foule de données sur son cheptel : périodes de chaleurs, état de santé, volume et qualité du lait... De quoi adapter sa production au cas par cas.

de recherche agronomique (Inra). Concrètement, 67 % des élevages laitiers de plus de cinquante vaches de l'Ouest et du Centre et 87 % des élevages de plus de cent vaches sont équipés d'au moins un objet connecté.

### L'ANIMAL Y GAGNE AUSSI

La société Medria, leader du secteur, donne une idée du flot de données ainsi produit par la filière laitière. *"Nos capteurs équipent 300 000 vaches en Europe, dont 200 000 en France. Nous recevons 500 000 mesures toutes les 30 minutes, soit 700 millions par mois, qui engendrent 160 alertes SMS par heure, soit 120 000 par mois"*, détaille Emmanuel Mounier, cofondateur de la société. Qui reconnaît que tout est allé très vite : *"Il y a encore dix ans, les éleveurs nous regardaient avec des gros yeux. Aujourd'hui, nos*



*produits font partie de l'équipement standard d'un élevage laitier de taille moyenne."*

Et il n'y a pas que les petits appareils connectés : les robots de traite sont également en passe de prendre le même chemin. *"En 2000, une cinquantaine d'éleveurs seulement était équipée de ce type d'appareils"*, détaille Clément

néfic pour les éleveurs rejoint celui des capteurs : du temps gagné. Terminée, l'astreinte des deux traites obligatoires par jour, 365 jours par an.

Mais l'animal y gagne aussi : libérée du rythme humain, une vache se rend à la traite en moyenne 2,3 à 2,7 fois par jour, ce qui semble plus proche de son rythme naturel.

Les robots se présentent sous la forme d'un box placé dans les bâtiments où vivent les vaches. Après une période d'acclimatation, celles-ci prennent l'habitude de s'y rendre d'elles-mêmes. Soit parce qu'elles savent qu'elles y seront soulagées de leur lait, soit parce qu'elles sont attirées par les granulés de nourriture présentés par le robot. Lequel identifie automatiquement chaque vache par son collier, puis l'incite à sortir si son historique ne justifie



### Témoignage

Un éleveur propriétaire d'une centaine de vaches laitières dans la Somme s'est équipé d'un robot de traite en 2005

“Loin de m'éloigner de mes bêtes, le recours au robot me permet un bien meilleur suivi de mon troupeau”

#### **Vous vous êtes équipé dès 2005 de deux robots A2 de chez Lely. Pourquoi ?**

A l'époque, mes parents, qui travaillaient sur l'exploitation, ont cessé leur activité. Or il est très difficile de recruter de la main-d'œuvre pour la traite. J'ai donc opté pour des robots.

#### **Vous témoignez anonymement, y a-t-il des tensions dans la profession autour de la robotisation des élevages ?**

Plus généralement, il y a de fortes tensions liées aux prix payés aux éleveurs, jugés trop bas. Or, selon le modèle d'élevage, les coûts de production ne sont pas les mêmes, c'est pourquoi je préfère rester anonyme.

#### **La transition a-t-elle été difficile ?**

Le premier jour est pénible : on commence par faire identifier toutes les vaches et scanner la position de chaque pis par le robot à raison de cinq vaches à l'heure. Puis, la première semaine, il faut casser le rythme traditionnel de traite des vaches et les pousser à aller au robot tout au long de la journée, afin qu'elles y passent toutes. Cela demande un bon mois pour que toutes les vaches s'habituent. Enfin, il faut un an à l'éleveur pour bien appréhender toutes les possibilités

offertes par la machine. Et après plusieurs années, j'en découvre encore !

#### **Concrètement, qu'est-ce que les robots ont changé à votre quotidien ?**

Je peux assurer seul la traite d'une centaine de vaches.

#### **Cela ne vous a-t-il pas éloigné de vos bêtes ?**

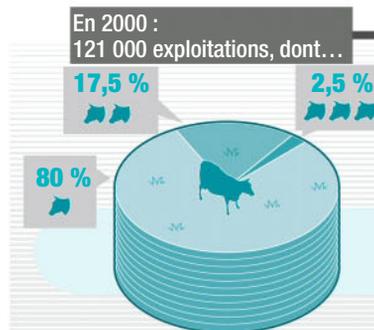
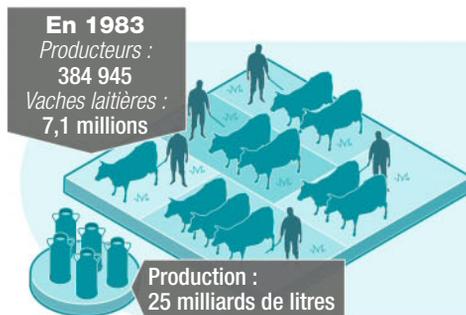
Pas du tout. Je commence certes ma journée par une inspection de mon troupeau par écran interposé, mais dans le but d'établir une liste d'animaux à visiter en priorité, parce qu'ils donnent des signes de mammite ou qu'ils sont en retard pour la traite, par exemple. Loin de m'éloigner de mes bêtes, le robot me permet un suivi optimisé de mon troupeau par rapport à un élevage classique.

#### **Etes-vous équipé d'autres capteurs ?**

Non, mais c'est une question de hiérarchie d'investissement.

#### **Avez-vous recours au génotypage de vos reproductrices ?**

Le génotypage est un progrès formidable. Pour autant, je considère que les indications qui en découlent ne sont pas encore assez fiables. Mais la méthode va être affinée, c'est assurément l'avenir.



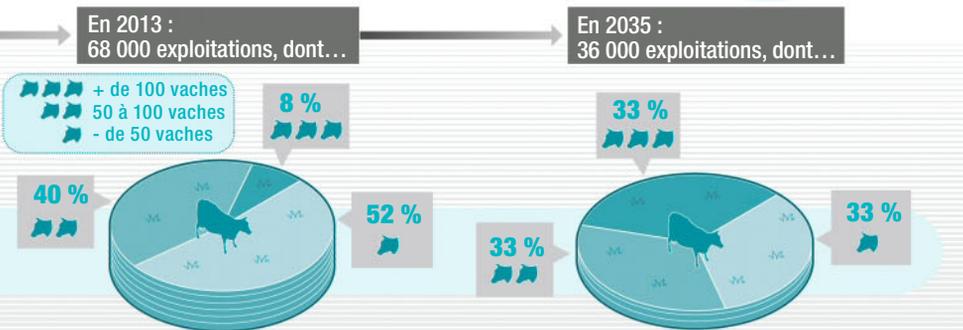
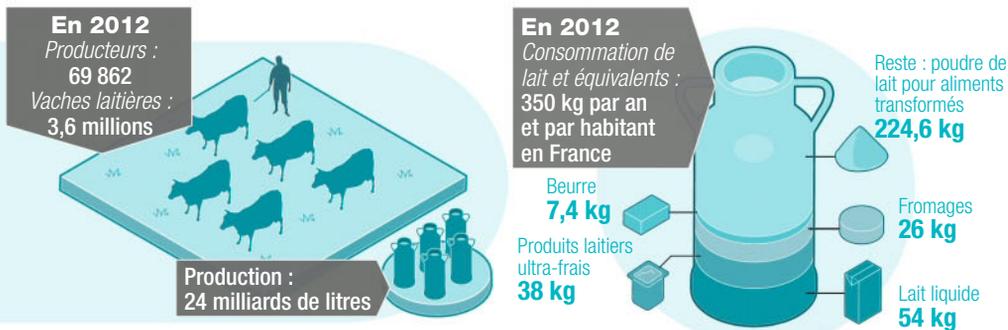
## De moins en moins de

→ pas une traite... ou, dans le cas contraire, scanne l'extrémité des pis pour positionner la trayeuse et recueillir le lait.

### “BIG DATA” GÉNÉTIQUES

Sur le terrain, les choses sont-elles aussi roses que l'annoncent les catalogues des fabricants ? Les éleveurs que nous avons contactés reconnaissent que les débuts ne sont pas forcément évidents ; mais une fois la transition achevée, le constat apparaît globalement positif (lire le témoignage ci-contre).

En outre, le robot ne se limite pas à remplacer la main humaine : comme les capteurs au pré, il fournit son contenu de précieuses données. Volume, composition en protéines et matières grasses, concentration en cellules somatiques – corrélée aux éventuelles inflammations des mamelles, les mammites... Le lait fait l'objet de multiples analyses



SOURCE : CHATELLIER ET AL., 2014

## vaches, mais toujours autant de lait

instantanées. “Le résultat de ces mesures est visible sur un écran de contrôle ou accessible depuis un ordinateur”, précise Zakhar Zhibril, responsable produit chez Lely, l’un des poids lourds du secteur.

L’essai de données qui suit ainsi les vaches à la trace les accompagne même, pour une part grandissante d’entre elles, dès leur naissance ! Car, depuis 2009, plus une vache laitière ne voit le jour sans que l’ADN de son géniteur ait été passé préalablement au crible. Et l’évaluation génétique ne concerne plus les seuls taureaux reproducteurs dont les éleveurs achètent la semence, mais potentiellement toutes les génitrices qui, elles, appartiennent aux éleveurs. Chacun peut en effet désormais demander le génotypage de ses vaches à une entreprise spécialisée. “Avant, pour évaluer le potentiel reproducteur

d’une de ses vaches, un éleveur ne connaissait que la valeur génétique de ses parents et sa propre production, explique Thomas Bretagne, responsable R&D et création génétique chez Evolution, une coopérative spécialisée en biotechnologies d’élevage. Grâce au génotypage, on multiplie par deux l’indice de confiance sur le potentiel de l’animal.” Et de prédire : “D’ici quelques années, une vache laitière sur deux sera génotypée en France.”

Comme le détaille Mickaël Brochard, généticien à l’Institut de l’élevage, “l’objectif est aujourd’hui de sélectionner des vaches économes en alimentation, médicaments, etc. et qui produisent un lait de la meilleure qualité possible.” Ainsi, en 2010, le programme PhénoFinlait a passé au crible le génome de plus de 8000 vaches. Le but : comparer la composition en acides gras et protéines

des laits français avec l’ADN des vaches qui en sont à l’origine. Les scientifiques ont ainsi déterminé que 15 à 45 % des différences de profil en acides gras entre les laits sont d’origine génétique. Et ont identifié une zone du chromosome 19 ayant une influence sur la quantité de certains acides gras dans le lait.

Corollaire de cette mue des élevages laitiers en annexes de laboratoires de génétique : une multiplication sans précédent des données concernant les animaux. “Avant, cinquante indicateurs définissaient la valeur génétique d’un bovin, résume Thomas Bretagne. Aujourd’hui, le génotypage d’un seul animal donne accès à plus de 50000 informations.”

De la sélection du cheptel à la traite en passant par le pré, l’ensemble de la chaîne de production laitière est en train de faire sa révolution 2.0.

A consulter : une étude de l’Inra sur la fin des quotas, les chiffres de la filière, une enquête sur les robots...

★ EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com



## *Voiture volante*

# Encore raté ?

Séparées à la naissance, aviation et automobile pourraient-elles être réunies dans une machine hybride ? Tandis que l'un des prototypes les plus avancés vient de s'écraser lors d'un vol d'essai, **Frédéric Lert** fait le point sur les dernières tentatives de marier la route et les cieux.



**L**e 8 mai dernier, l'Aeromobil 3.0 s'écrasait au cours d'un vol d'essai en Slovaquie. Ayant perdu le contrôle de cet avion conçu pour évoluer aussi sur la route, le pilote a actionné le parachute de secours de l'appareil. L'homme et la machine ont rejoint le sol ensemble, le premier indemne, la seconde sérieusement endommagée. Pas très rassurant pour les clients potentiels, essentiellement des pilotes privés fortunés souhaitant se faire plaisir avec un jouet hors norme, la concrétisation d'un rêve d'inventeur : le mariage de la voiture et de

l'aviation, de la carpe qui vole et du lapin qui roule. **^** Conçu et piloté par Stefan Klein, le prototype 3.0 de l'Aeromobil s'est, en raison d'un "problème inattendu" survenu peu après le décollage, écrasé dans un champ slovaque le 8 mai dernier, forçant Stefan Klein à actionner le parachute de secours de son appareil.

l'aviation, de la carpe qui vole et du lapin qui roule.

Un rêve aussi vieux que l'histoire de l'automobile et de l'aviation, deux sœurs nées à quelques années d'écart, partageant un même gène essentiel : le moteur à explosion. Ce n'est d'ailleurs pas un hasard si les mêmes hommes ont présidé, au tout début du XX<sup>e</sup> siècle, au développement des deux familles d'engins. Louis Blériot, Gabriel Voisin ou encore Henri Farman se sont fait connaître dans les deux disciplines. Et les ingénieurs des deux secteurs n'ont eu de cesse, dès l'origine, de faire se rencontrer la route et les cieux. →

### Contexte

S'échapper de "la prison des aéroports comme de la prison des embouteillages" : telle est la promesse des deux concepteurs de l'Aeromobil, l'un des prototypes de voiture volante les plus prometteurs du moment. Mais alors que les modèles de drones se passant de piste d'envol se multiplient, l'Aeromobil s'est écrasée en vol d'essai. Preuve qu'après des décennies de tentatives, le rêve de la voiture volante, emportant un ou plusieurs passagers de la route au ciel, peine encore à se concrétiser.



## UN SIÈCLE DE TENTATIVES INFRUCTUEUSES

**1917**

### L'Autoplane de Glenn Curtiss

L'avionneur, qui deviendra un grand nom de l'aéronautique américaine, marie une petite auto à une voilure à empennage détachable. L'entrée en guerre des

Etats-Unis met un terme à ce projet aujourd'hui considéré comme le premier exemple sérieux de voiture volante.

**1949**

### L'Aerocar de Moulton Taylor

Conçu par un ingénieur aéronautique américain, l'Aerocar a été construit à six exemplaires, ce qui en fait à ce jour l'exemple le plus diffusé de voiture

volante. Voilure et fuselage arrière se replient en formant un ensemble remorquable. Le manque d'intérêt des clients potentiels fait renoncer à la production en série. Deux ou trois exemplaires seraient encore en état de vol à ce jour, pour certains exposés dans des musées.

**1968**

### L'Autoplane de Robert Lebouder

Exemple parfait du travail d'un inventeur isolé, l'Autoplane marie une voiture légère, la Vespa 400, et une voilure démontable. Robert Lebouder volera plusieurs années avec son véhicule, qui restera unique.



→ Pourtant, autant le reconnaître tout de suite, la recherche d'un véhicule hybride et pratique, capable d'évoluer avec la même facilité dans les airs et sur la route, semble vaine tant les contraintes pesant sur les deux familles d'engins sont contradictoires. La voiture a pour ambition d'être accessible à tous, facile à conduire et d'un entretien très léger – voire inexistant sur de longues périodes. L'avion, lui, exige une plus grande technicité de pilotage et un entretien soigneux. Quand l'une vise

la solidité pour protéger son occupant, l'autre, pour lequel la collision n'est pas une option, ne jure que par la légèreté. Faut-il aussi rappeler que les exigences de tenue de route d'une voiture se conjuguent mal avec l'aérodynamisme d'un avion ?

Ces difficultés bien identifiées n'ont cependant pas empêché la multiplication des tentatives, plus d'une centaine recensées à ce jour, tuant au passage quelques valeureux inventeurs et ruinant la plupart des autres (voir "Un siècle de tentatives infructueuses").

## 5 types de machines pour maîtriser le vol et

### Voilure souple démontable

Cette solution s'apparente aux ULM équipés d'une voile delta. Mais une fois celle-ci démontée, la motorisation du véhicule lui permet d'emprunter la chaussée.



### Voilure tournante repliable

Décollage et vol sont assurés par un rotor sans moteur, mis en mouvement par la vitesse du véhicule, elle-même fournie par une hélice motorisée à l'avant ou à l'arrière du véhicule. Au sol, les pales sont repliées.



### Voilure rigide démontable

Les ailes et l'empennage sont fixés à l'habitacle. Au sol, ils doivent être démontés et transportés dans une remorque.





**1971**

### L'AVE Mizar de Henry Smolinski

Sensiblement à la même époque, l'ingénieur Henry Smolinski associe une Ford Pinto à une voilure de Cessna 337. L'assemblage est très lourd et le prototype s'écrase en

septembre 1973, tuant son concepteur qui était aux commandes.

**2000**

### L'Aerocar 2000 de Ed Sweeney

L'ingénieur américain adapte sur un roadster Lotus un ensemble comprenant une voilure et un moteur entraînant une hélice propulsive. La voilure se démonte mais ne se transporte pas avec la voiture une fois au sol. L'ensemble est excessivement lourd et exige une

motorisation puissante pour des performances en vol médiocres.

**2009**

### Le Transition de Terrafugia & l'Aeromobil 3.0

Le Transition de l'entreprise américaine Terrafugia est un avion léger utilisable en véhicule routier. L'optimisation des masses permet des performances en vol et au sol

honorables. Homologué, il est promis, selon son concepteur, à une prochaine fabrication en série. L'Aeromobil, prototype imaginé par deux inventeurs slovaques, suit la même inspiration.



Mais au final, quelles que soient les solutions imaginées, *"l'ensemble vole en général très mal, avec des caractéristiques de pilotage affligeantes"*, résume Gabriel Gavard, ancien rédacteur en chef des revues *Expérimental* et *Aviasport* et spécialiste français des ULM.

Malgré une litanie d'échecs, l'idée d'une voiture volante continue pourtant d'aiguillonner les inventeurs, ingénieurs ou doux rêveurs, avec l'espoir que les technologies récentes redonnent vie aux fantasmes les plus anciens. Les motori-

sations sont aujourd'hui puissantes, le carbone confère légèreté et résistance aux structures et l'électronique peut apporter la stabilité en vol. Tous les espoirs ne sont-ils pas permis ?

#### UN JOUET POUR L'ÉLITE

Cependant, les difficultés persistent. Les deux projets actuels les plus avancés, l'Aeromobil 3.0 slovaque et la Terrafugia Transition américaine, rencontrent leur lot de problèmes. On a évoqué plus haut les malheurs du

premier. Quant au second, qui a volé pour la première fois en 2009, il en est déjà à sa troisième itération et la date de commercialisation est sans cesse repoussée. Verrait-il le jour qu'il resterait réservé à une élite : une clientèle de pilotes prêts à dépenser près de 300 000 € pour le plaisir de rouler jusqu'au restaurant sans quitter leur avion.

Si la voiture volante a tant de mal à décoller, c'est qu'elle est, avant tout, un véhicule... volant. Destiné, donc, à des pilotes plutôt qu'à M. Tout-le-monde. Et souffrant en prime d'une faiblesse congénitale : sa voilure, dont elle peine, une fois arrivée au sol, à se débarrasser.

Se rapprocher au maximum de l'automobile est bien sûr possible : l'aile est repliée, démontée, posée sur une remorque. Mais elle reste encombrante et fragile. Il est alors tentant de la remplacer et différentes pistes ont été explorées : voilure tournante,

## la route

#### Voilure souple repliable

Le véhicule s'apparente à un parapente à moteur, dont la voile, surdimensionnée, peut emporter un châssis accueillant 2 à 4 personnes. Au sol, la voile est repliée et le moteur actionne les roues.



#### Voilure rigide pliable

Les ailes équipant le véhicule, rigides, sont déployées comme celles d'un avion pour le vol. Au sol, elles se replient, selon des géométries variables suivant les modèles : vers l'arrière du véhicule, à la verticale...



MARY EVANS/RUE DES ARCHIVES - REDDIT.COM - DR - B. BOURGEOIS

→ voile souple ou simple voile de parachute (voir “5 types de machines pour maîtriser le vol et la route”). Oui, mais dans tous les cas, il s’agit d’une voiture qu’on transforme en avion et vice versa, et non d’une voiture volante à proprement parler. Guère satisfaisant.

### LOIN DE LA SCIENCE-FICTION

L’une des solutions les plus simples, sur le papier du moins, existe depuis 80 ans. Une hélice classique assure la propulsion tandis que la sustentation est apportée par un rotor tournant librement dans le vent relatif, c’est-à-dire le vent créé par le mouvement de l’engin.

C’est le principe de l’autogire, qui ressemble à un gros scooter accroché sous un rotor dépourvu de moteur. Sa transformation en véhicule routier est à portée de main : il suffit de replier le rotor et de transmettre la puissance de l’engin aux roues. Le concept fait toujours recette : la fabrication de série du PAL-V, autogire conçu par l’entreprise néerlandaise



PAL-V Europe NV, est promise pour 2016 ou 2017. Mais il fait figure d’exception et cette solution technique, n’envahit ni les airs ni les routes.

Il est vrai qu’il est possible de faire encore plus simple. En poussant la logique de la

légèreté et du dépouillement dans ses derniers retranchements, la société américaine I-Tec propose depuis 2010 le Maverick, un appareil tourné vers le loisir mariant un véhicule léger de type buggy à une voile de paramoteur. Au sol, celle-ci disparaît rapidement dans le coffre. En France, la société Vaylon travaille sur un modèle similaire, le Pégase. *“Pour qu’il soit homologué sur route, nous l’avons équipé d’une transmission de puissance permettant d’utiliser alternativement l’hélice ou les roues qui a fait l’objet d’un dépôt de brevet, explique Jeremy*

## L’automobile qui ne sait que voler

**D’innombrables concepts de la machine capable de projeter l’automobile dans la troisième dimension se bousculent. Un distinguo essentiel peut toutefois être établi entre les engins hybrides, capables de rouler et de voler, et ceux cherchant à totalement quitter la route en laissant ailes et roues au garage. Pourquoi parler de voiture volante, dans ce cas ? Parce que ce type d’engin serait idéal pour un emploi en zone urbaine où les hélices de petite taille et carénées sont plus à l’aise que les grands rotors. Dans les années 1950, l’hélicoptériste américain Piasecki popularise la notion de jeep volante avec son Model 59K Skycar. Ce concept est encore en vogue aujourd’hui avec, par exemple, la Skycar de l’inventeur Moller (ci-contre). Il n’est plus question de rouler, ce qui simplifie grandement l’équation technique, mais de remplacer l’hélicoptère par un engin plus léger et plus simple d’emploi. Le projet X-Hawk, de la firme israélienne Urban Aeronautics, est à ce jour le plus avancé.**





2015

DEUX NOUVEAUX CONCEPTS

POUR RELANCER L'HISTOIRE

Le Black Knight Transformer (ci-contre), sa complexité, son poids et son coût imposants, et le Pégase (ci-dessous), tout en légèreté et dépouillement, incarnent les deux directions opposées vers lesquelles tendent les constructeurs.



Foiche, responsable technique du projet. *La réglementation impose en outre des niveaux de puissance différents au sol et en vol : Pégase offrira 100 ch en vol et 20 ch au sol dans une utilisation civile, ce qui est suffisant pour rouler à plus de 60 km/h avec deux passagers à bord, moteur de vol et hélices repliés contre la caisse.*

Si le Pégase a des chances de trouver preneur, c'est, à l'évidence, que la voiture volante telle que l'envisagent ses concepteurs est à mille lieues de la représentation qu'en offre habituellement la science-fiction. Pas de roadster épuré quittant l'autoroute pour se transformer en jet personnel à même de traverser le pays d'un coup de réacteur, mais un véhicule pratique, bon marché et simple à mettre en œuvre, dont l'intérêt du vol se limite à franchir vallées, zones humides ou bras de mer dans des régions

dépourvues d'infrastructures. Sans surprise, cette voiture volante fait surtout rêver les militaires: un deuxième prototype est en préparation sous la houlette des forces spéciales de l'armée française, instigatrices du projet et étroitement associées aux expérimentations.

#### UN AVENIR MILITAIRE ?

La voiture volante n'aurait-elle d'avenir que dans des situations très particulières, typiquement dans des contextes militaires? C'est en tout cas là, pour l'heure, qu'elle fait les progrès les plus nets. Et pas seulement dans ses versions les plus dépouillées. L'armée américaine suit ainsi de près le développement du Black Knight Transformer, de la société californienne Advanced Tactics. L'antithèse du Pégase français. Le véhicule est imposant, pas moins de 2 tonnes en charge, avec

une capacité de vol vertical donnée par une batterie de huit moteurs à hélices. Le Transformer, qui a réalisé son premier vol libre en mai 2014, décolle et se pose à la verticale et évolue comme un hélicoptère multirotor. De la taille d'une camionnette, il peut également rouler en tout-terrain, propulsé par un moteur indépendant, les hélices repliées contre sa caisse.

Pour un usage privé, le Black Knight Transformer est une aberration – trop lourd, trop bruyant, trop compliqué... Mais c'est un sérieux concurrent pour l'hélicoptère sur les terrains d'opération des armées.

Surtout, ce camion qui se prend pour un hélicoptère, à l'instar du buggy qui se prend pour un parapente, a bel et bien pris les airs. De son côté, la berline qui se prend pour un jet a encore bien du mal à quitter le garage.

A découvrir : les vidéos de l'Aeromobil 3.0, le Transition, le Pégase, le Black Knight Transformer...

★ EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com

# RENTRÉE À PRIX CASSÉS

Abonnez-vous

JUSQU'À

# 50%\*

Découvrez les offres des 30 magazines sur [Kiosquemag.com](http://Kiosquemag.com)

SUR 30 MAGAZINES



Nouvelle formule

**-50%**

12 n°s pour 22€20

au lieu de 44,40€  
soit 1,85€ le n° au lieu de 3,70€



**-39%**

10 n°s pour 17€50

au lieu de 29€  
soit 1,75€ le n° au lieu de 2,90€



**-31%**

17 n°s pour 26€

au lieu de 38€  
soit 1,53€ le n° au lieu de 2,23€



**-11%**

4 n°s pour 14€

au lieu de 15,80€  
soit 3,50€ le n° au lieu de 3,95€



Format Poche

**-50%**

26 n°s pour 19€50

au lieu de 39€  
soit 0,75€ le n° au lieu de 1,50€



**-34%**

12 n°s pour 18€

au lieu de 27,60€  
soit 1,50€ le n° au lieu de 2,30€



**0€95**  
LE NUMÉRO

52 n°s pour 49€60

au lieu de 62,40€  
soit 0,95€ le n° au lieu de 1,20€



**2 numéros GRATUITS**

12 n°s pour 29€

au lieu de 34,80€  
soit 2,42€ le n° au lieu de 2,90€



**-40%**

12 n°s + 6 hs pour 56€90

au lieu de 93€  
soit 2,24€ le n° au lieu de 5€  
soit 5€ le HS au lieu de 5,50€



**-31%**

12 n°s pour 44€90

au lieu de 66€  
soit 3,74€ le n° au lieu de 5,50€



**-29%**

6 n°s pour 25€

au lieu de 35,70€  
soit 4,17€ le n° au lieu de 5,95€



**-39%**

8 n°s pour 29€

au lieu de 47,60€  
soit 3,63€ le n° au lieu de 5,95€





^ Des potagers “sous cloche” fixés à 8 m de profondeur sont testés : ils permettraient d’approvisionner des régions arides.

LIGURIE (ITALIE)

# Les premiers fruits et légumes cultivés sous l'eau

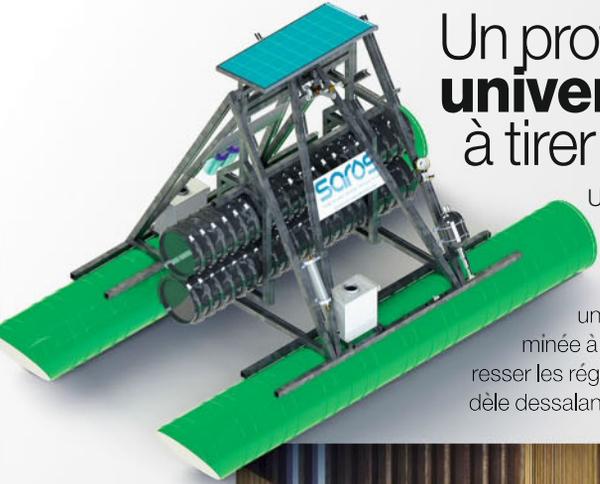
Et si l'on faisait pousser des plantes terrestres sous l'eau ? Voilà le curieux défi que Sergio Gamberini, président de la société italienne Ocean Reef, a décidé de relever. Depuis quatre ans, il perfectionne ce jardin de Nemo : *"Les graines que nous testons cet été lèvent 48 heures après le semis, bien plus vite que sur terre"*, affirme-t-il. Trois plates-formes fixées à 8 m de profondeur supportent des jardinières remplies de basilic, de salades, de fraises... Les cultures sont abritées sous des cloches remplies d'air, qui laissent pénétrer la lumière. L'air se renouvelle grâce à la photosynthèse des plantes et à l'air expiré par les plongeurs qui viennent régulièrement inspecter

l'installation. L'eau de surface, qui affleure au pied des pots, s'évapore puis se condense naturellement, et est absorbée par les plantes. Cette année, de nouveaux capteurs équipent les cloches, permettant de relever des données telles que le taux d'oxygène ou d'humidité. *"Nous mesurons l'évolution naturelle du système sans intervention particulière de notre part"*, explique Luca Gamberini, responsable marketing. L'objectif ? Connaître les conditions de croissance des plantes et rendre l'expérience reproductible. Car Sergio Gamberini espère nourrir ainsi des populations dans les zones littorales arides, où les terres sont difficiles à exploiter. N.P.

CHARLOTTE (ÉTATS-UNIS)

## Un prototype de **désalinisateur universel d'eau de mer** arrive à tirer son énergie de la houle

Utiliser la houle pour dessaler l'eau de mer: telle est l'idée de la start-up américaine Saros. Un pendule fixé sur des flotteurs oscille avec le mouvement des vagues, activant un système de pompage. L'eau de mer est filtrée une première fois puis compressée à 55 bars contre une membrane, qui élimine le sel marin. L'eau purifiée est ensuite acheminée à terre par un tuyau. Autonome en énergie, le dispositif pourrait intéresser les régions côtières où l'accès à l'eau potable est difficile. Un premier modèle dessalant 720 litres/jour devrait être mis sur le marché dans un an et demi. **L.T.**



FRANCE

## Paris pourrait s'offrir le **plus haut gratte-ciel en bois du monde**

Dans le cadre de l'appel à projets municipal "Réinventer Paris", le cabinet canadien Michael Green Architects (MGA) et le français DVVD ont imaginé la Tour Baobab. L'infrastructure de ses 35 étages (le record actuel est d'une dizaine) est en bois, exception faite de ses fondations en béton et des connexions entre les différents éléments réalisées en acier. Lui seront associés des jardins, une station de bus, un parking à vélos, des points de recharge pour voitures électriques... Principal avantage de la construction en bois: cela permet de préfabriquer le bâtiment afin de l'élever rapidement par tranches de plusieurs étages. Autre atout: un meilleur bilan d'émissions de CO<sub>2</sub> (l'équivalent de 2 207 voitures retirées de la circulation pendant une année, selon MGA). Verdict de la Mairie de Paris cet été. **E.T.-A.**

SANTA CRUZ (CALIFORNIE)

# Un drone "taxi" veut remplacer l'hélicoptère

Le drone conçu par la société américaine Joby Aviation est capable d'emporter 2 personnes et de décoller ou d'atterrir à la verticale grâce à ses 12 hélices pivotantes. Cinq fois plus rapide qu'une voiture, il pourrait être utilisé... comme taxi, à un tarif plus abordable qu'un vol en hélicoptère. Joby Aviation envisage déjà une version 4 places n'émettant que 65 dB à 75 m d'altitude (soit 100 fois moins qu'un hélicoptère). Reste à vaincre les réticences des autorités, qui exigent un niveau de sécurité au moins équivalent à celui d'un vol en hélicoptère. Un défi pour un aéronef qui, en 2 places, pèse déjà 900 kg: la plupart des drones autorisés (sans passager) se limitent aujourd'hui à une vingtaine de kilos. s.f.

## Idée neuve



### "ON POURRAIT ÉQUIPER LES PONTS DE TURBINES À VENT POUR PRODUIRE DE L'ÉLECTRICITÉ"

*Óscar Soto, ingénieur en mécanique, université Kingston de Londres*

A quoi bon construire des pylônes pour supporter les pales des éoliennes, quand les piliers des ponts peuvent remplir cet office? Telle est l'idée qu'Óscar Soto a mise en équations, lors de son master en énergies renouvelables, certain que les ponts offrent un avantage pour la production d'énergie éolienne: "Ils se situent dans des endroits où l'on observe un 'effet de vallée': le vent est concentré et sa vitesse augmente, ce qui offre une source d'énergie plus stable", explique le jeune ingénieur. Un viaduc des îles Canaries a servi de modèle pour estimer l'efficacité d'un tel système. Quatre agencements de turbines ont été évalués: le plus efficace, composé de 2 turbines de taille identique, produit alors 0,5 mégawatt, de quoi couvrir la consommation de 450 foyers. "Cette solution est applicable sur tous les ouvrages existants, du moment que le vent est assez puissant et la hauteur du pont suffisante, mais chaque cas est différent", précise Óscar Soto. Des discussions sont en cours pour effectivement équiper le viaduc étudié. O.L.



SAROS - COURTESY OF QUARX DIGITAL - DR



BORDEAUX

## Des véhicules autonomes intelligents sont testés pour la première fois en ville

Prendre place à bord de véhicules, voitures et navettes autonomes, capables de s'immiscer dans le trafic routier... c'est ce que proposeront les organisateurs du prochain Congrès mondial des systèmes de transport intelligents, qui se tiendra du 5 au 9 octobre 2015 à Bordeaux. Une première en France sur la chaussée publique. Ces démonstrations se dérouleront dans le quartier du Lac, ainsi que sur la rocade bordelaise. Pour assurer le bon fonctionnement des véhicules autonomes, les organisateurs ont installé des infrastructures intelligentes : bornes relais, feux communicants... qui seront testés en juillet et septembre. **E.T.-A.**

VANDŒUVRE-LÈS-NANCY

## L'agrochimie parie sur des plantes à traire

Des racines en guise de pis de vache ? Le procédé de la société Plant Advanced Technologies est unique au monde. Conçu par l'Inra, il permet de récolter des molécules rares (antioxydants, anti-inflammatoires...) produites par les plantes sans les détruire. Une solution nutritive est vaporisée sur les racines, qui se développent sans substrat, dopées par des phytohormones. Plongées plusieurs fois par an dans un solvant, les racines libéreront ensuite leur exsudat à un rendement jusqu'à 100 fois plus élevé que par broyage. Une technologie renouvelable qui intéresse déjà l'agrochimie. **N.P.**

ESPAGNE

# Le concept d'avion de ligne promettant des vols 100 % écologiques a été modélisé

Et si prendre l'avion ne polluait plus? Le designer industriel espagnol Oscar Viñals a imaginé Progress Eagle, un avion de ligne futuriste de 96 m d'envergure, embarquant jusqu'à 800 passagers et... 100 % écologique en vol! Selon sa modélisation, Progress Eagle fonctionnerait en effet grâce à 6 moteurs à hydrogène qui ne rejetteraient que de la vapeur d'eau, et pourrait en plus réduire de 75 % ses nuisances sonores. L'électricité à bord (commandes, éclairage, climatisation...) serait produite par des panneaux solaires et des éoliennes situés sur les ailes. *"Prises séparément, les technologies existent"*, note Ion Paraschivoiu, professeur en génie aérospatial à l'École polytechnique de Montréal. Reste, pour passer du concept au tarmac, à trouver des conditions d'assemblage compatibles avec les exigences des avionneurs. M.S.



Rendez-vous en...  
**2024**

## COUP D'ENVOI DU CHANTIER EUROPÉEN DE BASE LUNAIRE

L'Agence spatiale européenne (ESA) envisage de construire dans le cratère Shackleton, situé au pôle Sud de la Lune, une base nommée Lunarville, à l'aide de structures pneumatiques et d'impressions 3D. C'est un véritable défi car cette technologie est récente et l'agence, contrairement à son homologue américaine, n'a jamais rien posé sur la Lune. Pour le relever, un premier vaisseau alunirait en 2024, emportant avec lui un dôme gonflable et des robots munis d'imprimantes 3D. Une fois le dôme gonflé, les robots construiraient autour de lui, à l'aide de leurs imprimantes et à partir du matériau présent sur le sol (le régolite lunaire), une couche externe épaisse afin de protéger l'intérieur du dôme des radiations et des météorites. Celui-ci deviendrait ainsi habitable et pourrait remplacer la Station spatiale internationale (ISS). Placé du côté caché de la Lune, il serait aussi un excellent lieu d'observation, protégé du clair de Terre. Un service de navettes permanent serait établi en cas d'urgence médicale. Ne reste plus qu'à trouver les fonds, qui dépasseront le coût (130 milliards de dollars) de l'ISS... S.F.

AMSTERDAM

## L'impression en 3D passe un cap en imprimant un pont

Oubliez pièces de fonderie et échafaudages : la start-up néerlandaise MX3D veut montrer qu'on peut imprimer des ponts en métal en 3D. Premier test grande nature au printemps 2017 au cœur d'Amsterdam. Le principe ? Les matériaux de construction (des câbles en métal) entrent en fusion à haute température, chauffés par les bras à 6 axes des robots, combinés à des machines à souder. *"Notre logiciel permet d'empiler des couches de métal fondu"*, explique Tim Geurtjens, directeur technique. Sans contrainte de dimension autre que la gravité. Affranchie des limites propres au moulage des pièces de fonderie, la technique offre une grande liberté de formes et d'ornements.

La localisation précise du pont est attendue pour septembre ; les travaux devraient durer trois mois. N.P.



MX3D

# Culture Science

122

## Bon à savoir

Santé, vie quotidienne, environnement... Dix enseignements pratiques en direct des publications scientifiques et autres rapports et études.

124

## Questions / Réponses

Y a-t-il une limite au quotient intellectuel? Rêve-t-on lors d'une anesthésie générale? La girafe peut-elle nager?...

130

## A lire / A voir

L'exposition "Osiris, mystères engloutis d'Egypte", à l'Institut du monde arabe; une médiathèque virtuelle sur la mémoire; une appli pour mesurer le bruit ambiant.

132

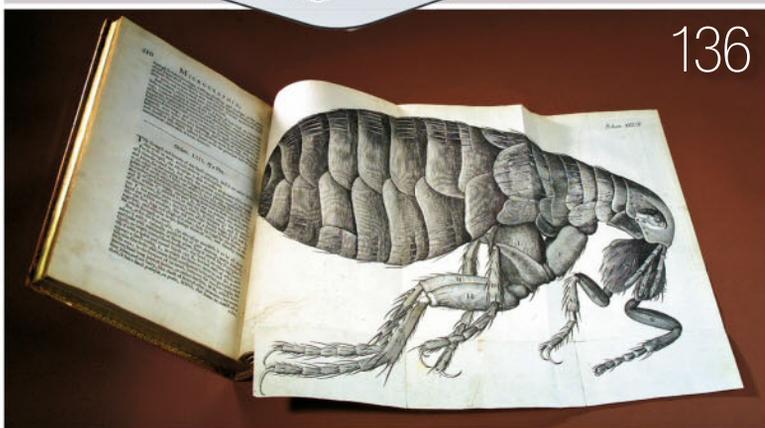
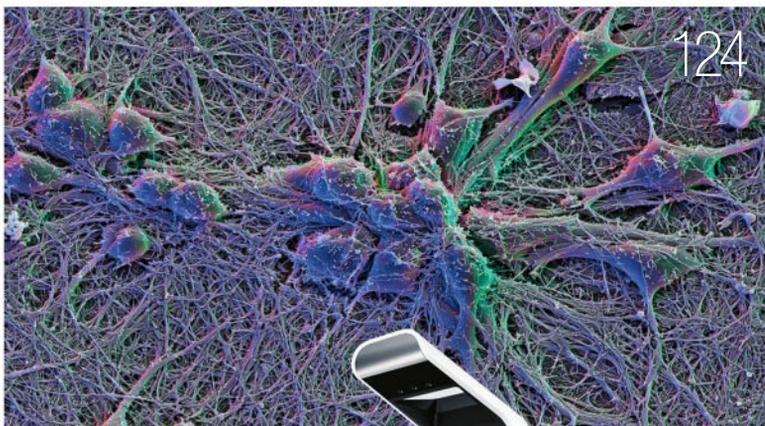
## Technofolies

Un double écran tactile; un cube qui purifie l'air en utilisant la lumière; le premier jouet capable d'apprendre des gestes; un engrais bio dopé à la laine...

136

## Il y a... 350 ans

L'Anglais Robert Hooke publie en 1665 les *Micrographia*, recueil illustré de ses observations microscopiques: tout un monde révélé!



## ÉCHOUER AU PIED DU PODIUM, ÇA MOTIVE

Vous vous voyiez déjà vainqueur, mais vous avez perdu tout près du but ? Bonne nouvelle : d'après des chercheurs asiatiques, cette situation induit une motivation accrue pour atteindre un nouvel objectif, plus forte que si vous aviez perdu sans jamais avoir espéré gagner. "Psychological Science", juin 2015

## LES SACS RÉUTILISABLES POUSSENT À LA CONSOMMATION

L'abandon des sacs plastique jetables est une bonne nouvelle pour l'environnement... mais pas forcément pour le porte-monnaie des consommateurs. Des chercheurs américains ont montré, par des simulations sur une centaine d'individus et par l'observation de 936 232 transactions réalisées par 5987 foyers, que se servir de sacs réutilisables poussait à la dépense. La plupart des individus achetaient ainsi plus de produits "bio", mais aussi plus de "junk food", probablement pour se récompenser de cet acte citoyen. Les parents de jeunes enfants, en revanche, s'en tenaient à leur liste de courses. "J Marketing", juillet 2015



## MÊME EN ZONE POLLUÉE, FAIRE DU VÉLO EST SOURCE DE LONGÉVITÉ

Pratiquer une activité physique en ville, est-ce vraiment bon pour la santé ? Oui, confirment les auteurs d'une étude menée auprès de 52 000 Danois de 50 à 65 ans résidant dans les deux zones les plus polluées du pays. A long terme, l'activité physique – par exemple, la pratique du vélo – réduit le risque de mortalité globale de 17 %. Et cet effet protecteur se maintient quel que soit le niveau d'exposition à la pollution de l'air. Seule la mortalité respiratoire est touchée en cas de forte exposition : le bénéfice perdure, mais il est amoindri. Les effets négatifs à court terme sur le système cardio-vasculaire seraient donc transitoires. "EHP", juin 2015

## LE MOIS OÙ L'ON NAÎT INFLUERAIT SUR NOTRE SANTÉ

Une équipe américaine a mis en relation le mois de naissance et l'apparition au cours de la vie de 55 maladies différentes. Un anniversaire en mars serait lié à de l'insuffisance cardiaque ; octobre à de l'asthme... L'influence de l'environnement expliquerait cette observation. "JAMIA", juin 2015

## LA NATURE CHASSE LES IDÉES NOIRES

L'activité cérébrale liée à la rumination, au ressassement d'idées noires, baisse après 90 minutes de marche dans la nature, selon des mesures réalisées par IRM fonctionnelle. En revanche, aucun changement n'est observé après la même expérience en ville. "PNAS", juin 2015



M.TOUTOUDAKI/OCEAN/CORBIS - G2/CORBIS - M.LEIGH/GETTY IMAGES  
SHUTTERSTOCK



## LES IDÉALISTES S'EN SORTENT MIEUX FINANCIÈREMENT

Voilà de quoi rendre les cyniques... encore plus cyniques : en comparant des milliers d'individus de 42 pays, des chercheurs allemands ont montré que les personnes les plus cyniques (d'après leurs réponses à un questionnaire) étaient celles qui, huit ans plus tard, gagnaient le moins d'argent (de l'ordre de quelques centaines d'euros par an en Allemagne, par exemple). Et ce, même quand les niveaux socio-économiques, de santé, et la personnalité (amour-propre, extraversion...) étaient initialement similaires. Le poids du cynisme s'est aussi révélé assez important en France. Il l'est beaucoup moins dans les pays au climat social peu favorable (fort taux d'homicides, faible engagement associatif...). D'après les chercheurs, la méfiance des cyniques les ferait passer à côté d'opportunités et les pousserait à moins demander d'aide. "J. Pers. Soc. Psychol.", mai 2015

### LA SIESTE EST EFFICACE CONTRE LA FRUSTRATION

Des chercheurs américains ont mené l'expérience sur 40 personnes : dormir une heure plutôt que regarder un film réduit l'impulsivité et aide à supporter la frustration liée à la nécessité d'effectuer des tâches qui semblent impossibles. "Pers. Individ. Dif.", juin 2015

### UNE BONNE ENTRÉE FAIT DE L'OMBRE AU PLAT PRINCIPAL

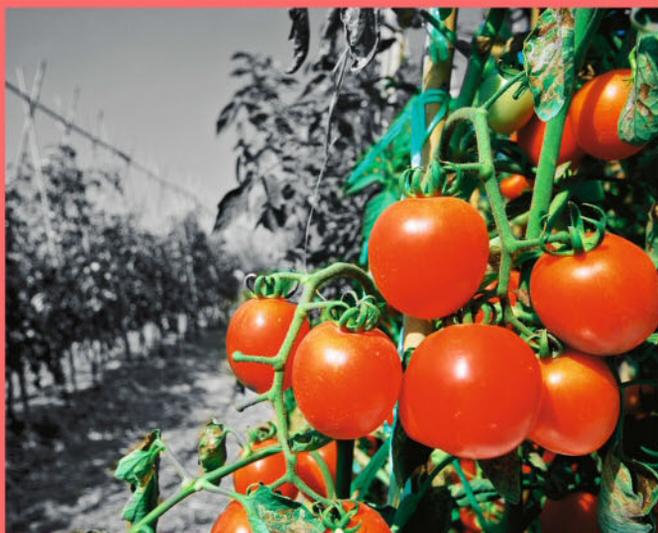
Au restaurant, 35 personnes se sont vu servir une très bonne bruschetta ; 29 autres, une médiocre. Tous ont ensuite dégusté les mêmes pâtes à l'ail... que les premiers ont trouvées moins bonnes que les autres, selon un test américain. "Food Qual. Prefer.", mai 2015

### LES FILMS EFFRAYANTS NE FONT PAS SI PEUR AUX ENFANTS

Une étude de deux psychologues britanniques révèle que les émissions et films a priori effrayants ont finalement un effet faible sur l'anxiété, l'humeur et le sommeil des enfants, en particulier après 10 ans. Même si certains sont plus sensibles que d'autres. "Hum. Commun. Res.", mai 2015

## MIEUX VAUT ÉVITER DE RÉCOLTER JUSTE APRÈS LA PLUIE

Rien de meilleur que les fruits et légumes frais pour la santé... sauf s'ils sont contaminés par des bactéries. Certes, les intoxications (quand les produits sont mangés crus et mal nettoyés) sont rares, mais elles peuvent être graves. Aux jardiniers et aux agriculteurs, des chercheurs américains proposent donc une solution : récolter au moins 24 heures après l'arrosage ou la pluie. Ils ont en effet démontré, sur un champ d'épinards, que les contaminations à la *Listeria monocytogenes* étaient beaucoup plus fréquentes dans la journée qui suivait le contact avec l'eau. "AEM", juin 2015



# Y a-t-il une limite au Quotient intellectuel ?

Question d'Agnès Giovanonni, Champ-sur-Layon (49)

*“Non, le QI n'a pas de limite théorique. Même si, en pratique, on n'a jamais trouvé de valeur supérieure à 200”,* répond Jacques Lautrey, professeur émérite en psychologie (université Paris Descartes), spécialiste des tests d'intelligence.

Ces tests consistent en épreuves de raisonnement, mémorisation, visualisation... Le calcul du QI suit en général la méthode du psychologue américain David Wechsler (années 1930). En fait, le “Quotient intellectuel” est la mesure de l'écart entre les performances d'une personne et celles de la population à laquelle elle appartient.

*“Par convention, la distribution des scores dans la*

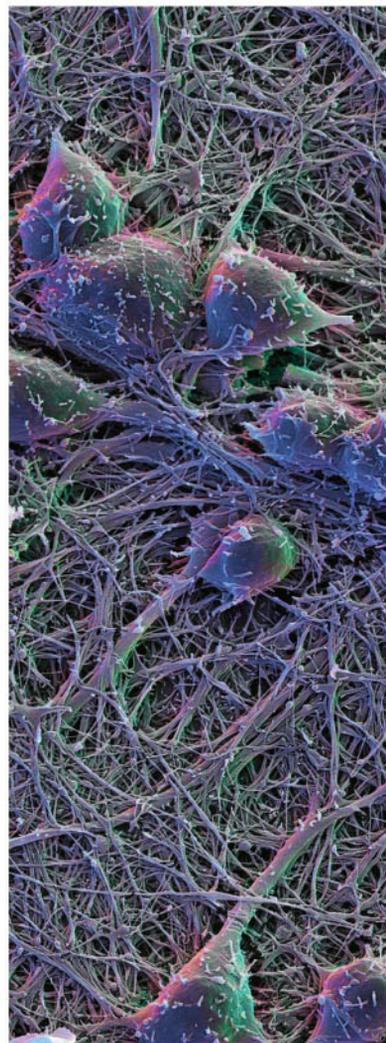
*population est représentée par une courbe de Gauss, en cloche. Au centre de cette courbe, la moyenne est fixée à 100; et l'indice de dispersion, l'écart type, à 15, détaille Jacques Lautrey. La courbe donne alors le pourcentage de personnes situées à tel ou tel nombre d'écart types de la moyenne.”*

## TROP PETIT ÉCHANTILLON

Conséquence: 50% des gens dépassent le QI moyen de 100; 2,5%, le score de 130 (QI des “surdoués”), etc., sans limite en théorie. En réalité, plus un QI est grand, plus la probabilité qu'il apparaisse dans une population est faible. Ainsi, un QI de 145 n'a de chance d'être dépassé que par 1 individu

sur 10 000. Le score 190, par 1 individu sur 506 797 346 (0,000 000 197 3 % de la population)... “L'échantillon qui sert à étalonner le test dépasse rarement la centaine de sujets. Si bien qu'au-delà de trois écarts types, il n'y a plus grand sens à calculer un QI, précise Jacques Lautrey, la probabilité étant très faible de rencontrer un tel score dans l'échantillon de référence.”

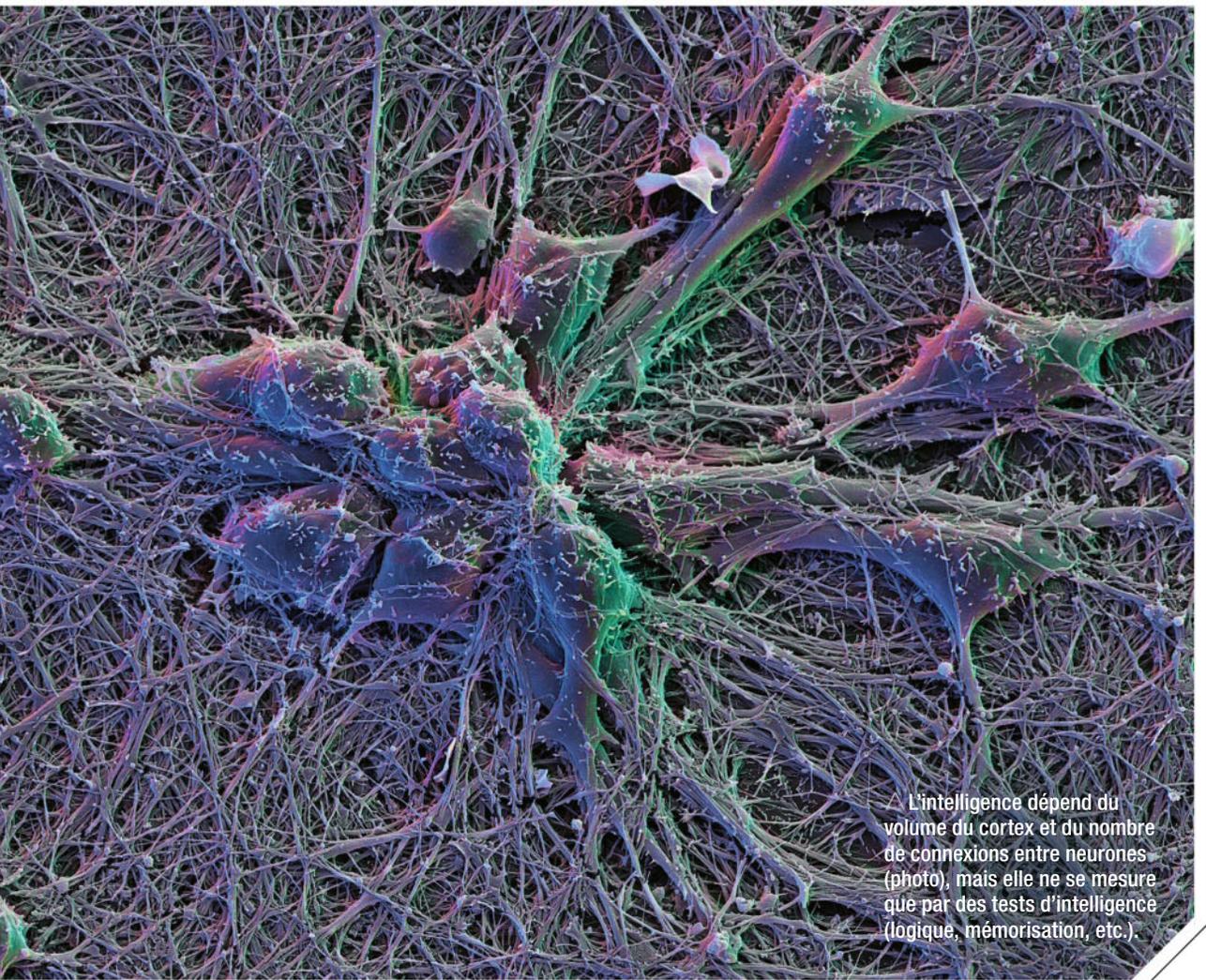
Reste que le hasard ou l'évolution pourraient faire apparaître des intelligences humaines bien supérieures car “on ne sait pas s'il y a une limite à l'augmentation du volume du cortex dans notre espèce, ni jusqu'où de nouvelles connexions peuvent se former”. **K.B.**



## Comment les machines à laver évaluent-elles la saleté du linge ?

Question de Gregory Denidder, Bruxelles (Belgique)

En fait, ces appareils mesurent le niveau de saleté de l'eau. “En phase de pré-lavage, les salissures se dissolvent dans l'eau et la troublent. Grâce à un capteur optique, le lave-linge mesure automatiquement cette turbidité et le type de salissures (sauce tomate, graisses, etc.). Il sélectionne ensuite le programme adéquat”, explique Tony Daminello, formateur produit chez Bosch-Siemens. Par ailleurs, “certains lave-linge peuvent s'adapter au type de textile, grâce à un capteur de pression. Comme le synthétique absorbe moins d'eau que le coton, le poids et la pression dans le lave-linge diffèrent d'un textile à l'autre”. **C.H.**



L'intelligence dépend du volume du cortex et du nombre de connexions entre neurones (photo), mais elle ne se mesure que par des tests d'intelligence (logique, mémorisation, etc.).



## Pourquoi nous frottons-nous les yeux quand nous sommes fatigués ?

Question de Charles Pagnon, Fontaine-Etoupefour (14)

Pour lutter contre le sommeil. *“À l'image d'un étirement qui aide les muscles à lutter contre la baisse du tonus, le frottement des yeux réactive ceux des paupières”*, explique Yves Dauvilliers, neurologue spécialiste des pathologies du sommeil. Cela permet, lorsqu'une phase d'endormissement n'arrive pas au moment opportun, de stimuler les paupières devenues trop

lourdes et les mouvements oculaires devenus trop lents. Cette réaction est très courante chez les tout jeunes. Car si les adultes comprennent aisément ces signaux, *“les enfants et les bébés ont, eux, l'impression de perdre le contrôle d'eux-mêmes”*, précise Yves Dauvilliers. *Agacés par cette situation, leurs petits poings redoublent de vigueur sur les paupières!* A.P.

# Combien de satellites naturels tournent autour de la Terre ?

Question d'André Bruhant, Ginasservis (83)

*“Un seul: la Lune, si l'on considère uniquement les satellites permanents, répond Patrick Michel, astrophysicien à l'observatoire de la Côte d'Azur. Mais des satellites temporaires, il en existe une multitude! On les appelle les mini-lunes.”*

En modélisant pendant cinq ans et demi la trajectoire de 10 millions d'astéroïdes connus pour passer par le système Terre-Lune, 18 000 d'entre eux se sont temporairement satellisés. *“C'est le plus gros calcul que*

*j'aie jamais fait de ma vie!”*, s'emballait en 2012 Jérémie Vaubaillon, astronome à l'Observatoire de Paris (voir *SV* n°1136, p. 92). D'après cette simulation, la Lune aurait à chaque instant au moins un minuscule compagnon – d'environ 1 mètre de diamètre: 3 millions de fois plus petit qu'elle!

Ce résultat, toutefois, est à prendre avec des pincettes: *“Le modèle n'a pas été calibré sur de si petits objets. L'extrapolation reste assez incertaine”*, estime, prudent,

Patrick Michel. D'autant que ces petits corps célestes sont difficiles à observer. A l'heure actuelle, une seule mini-lune s'est dévoilée au télescope: le corps 2006 RH 120, de quelques mètres de diamètre, a gravité autour de la Terre de juillet 2006 à juillet 2007. En moyenne, ils restent stables une dizaine de mois. *“Soumis à de fortes perturbations, 1% tombent sur la Terre”*, précise l'astrophysicien. Les autres retrouvent leur trajectoire autour du Soleil. **N.P.**

## Pourquoi les oignons font-ils pleurer ?

Question de Michel Bonthonneau, Ruelle-sur-Touvre (16)

Parce ce qu'ils libèrent un gaz lacrymogène, tout simplement. À l'instar d'autres aliments comme l'ail ou le poireau, l'oignon capte le soufre contenu dans le sol. Lorsqu'on coupe le légume et ses cellules, le composé soufré, après avoir subi plusieurs réactions chimiques

spécifiques à l'agencement des molécules d'oignon, devient volatil. Et surtout irritant: en se mélangeant à l'eau présente dans notre œil, il se transforme en acide sulfurique.

Nos yeux ont alors un mauvais réflexe: pour se protéger, ils produisent d'autres larmes, ce qui augmente la fabrication d'acide sulfurique... et engendre encore plus de pleurs et de douleurs.

La quantité d'acide sulfurique dans nos yeux reste cependant très faible. *“Je n'ai jamais vu de problème oculaire majeur suite à la coupe d'un oignon!”* rassure Alain Ducasse, ophtalmologiste au CHU de Reims. *“C'est irritant, mais pas dangereux.”* **F.C.**



## 1 Des astéroïdes se rapprochent par hasard de la Terre

Parmi la multitude d'astéroïdes qui gravitent entre Mars et Jupiter, des milliers dévient de leur trajectoire et s'aventurent près de la Terre.



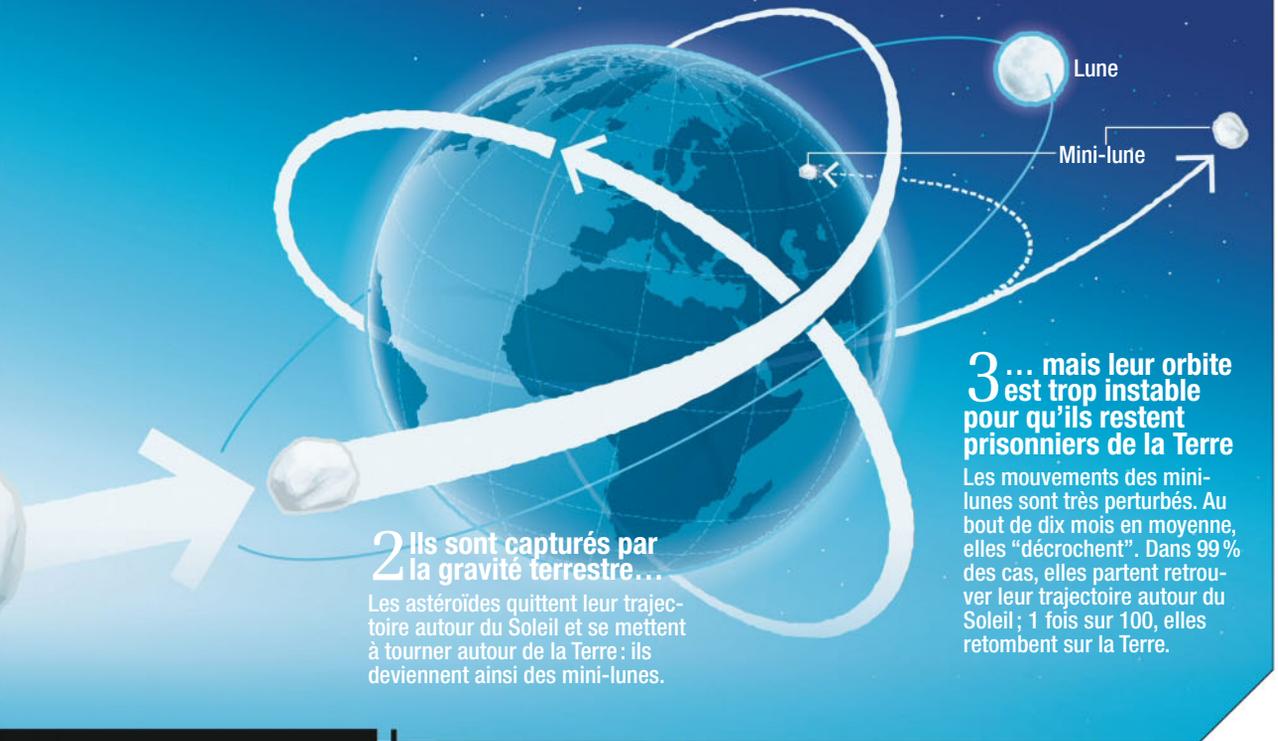
Astéroïde

## Rêve-t-on

Question de Christophe Prat,

*“C'est un phénomène très courant: beaucoup de patients rapportent, au réveil, qu'ils ont rêvé durant l'anesthésie, jusqu'à 50% dans certaines études”*, souligne Tore Nielsen, qui dirige le Laboratoire des rêves et cauchemars de l'hôpital du Sacré-Cœur de Montréal (Canada). Mais s'agit-il de “vrais” rêves, tels ceux qui surviennent lors des phases de sommeil paradoxal, ou bien d'hallucinations causées par la substance anesthésiante? *“Il y a encore un important*

## Une seule Lune mais des milliers de mini-lunes temporaires



### 2 Ils sont capturés par la gravité terrestre...

Les astéroïdes quittent leur trajectoire autour du Soleil et se mettent à tourner autour de la Terre: ils deviennent ainsi des mini-lunes.

### 3... mais leur orbite est trop instable pour qu'ils restent prisonniers de la Terre

Les mouvements des mini-lunes sont très perturbés. Au bout de dix mois en moyenne, elles "décrochent". Dans 99 % des cas, elles partent retrouver leur trajectoire autour du Soleil; 1 fois sur 100, elles retombent sur la Terre.

# lors d'une anesthésie générale ?

Beauzelle (31)

travail à faire pour préciser les caractéristiques de ces rêves", ajoute le chercheur.

Quoi qu'il en soit, une équipe hongroise a montré, cette année, qu'il était possible d'influencer ces rêves, pour les rendre plus agréables, par des techniques de suggestion avant l'opération.

L'une d'elles consiste à demander au patient d'imaginer, juste avant que débute l'opération, un lieu où il aimerait voyager durant l'anesthésie. Des exercices de relaxation, couplés

à un dialogue avec un psychologue, produisent alors, par hypnose, la sensation que le patient est effectivement dans le lieu qu'il a choisi.

### MATIÈRE DE RÊVES

Une autre technique consiste à demander au patient, la veille de l'opération, d'imaginer le film qu'il aimerait vivre durant l'anesthésie, et de le lui rappeler dans les minutes qui précèdent l'anesthésie.

Les chercheurs hongrois ont remarqué que le taux de

rêve rapportés après l'opération augmentait lorsqu'on appliquait l'un ou l'autre protocole par rapport à un groupe témoin.

Mais, surtout, ils ont constaté que le contenu de ces rêves avait bien un lien avec les situations imaginées avant l'anesthésie (dans 94,7 % des cas pour le premier groupe et 83 % pour le second).

Ces rêves incorporant par ailleurs les stimuli enregistrés par les patients dans le lieu de l'opération, les chercheurs insistent sur l'inté-

rêt de réduire les sons et images désagréables avant l'anesthésie; ils préconisent de placer au contraire le patient dans un environnement serein qui, en favorisant les rêves plaisants, permettra à l'opération de se dérouler au mieux. Un souci de confort qui, peut-être, atténuera un autre problème épineux que soulève Tore Nielsen: celui des nombreux patients qui, à leur réveil, affirment avoir été conscients, à leur grande horreur, durant toute l'opération. **E.M.**

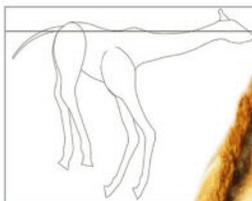
# La girafe peut-elle nager ?

Question d'Hugo Milo, Vevey (Suisse)

“La girafe ferait un nageur pitoyable.” Tel est le verdict de Donald Henderson, docteur à l’université de paléontologie du Canada, et de Darren Naish, docteur à l’université de Portsmouth, qui, en 2010, ont étudié la question. Par modélisation, ils ont observé le comportement d’une girafe virtuelle dans une eau montante. Conclusion : “Bouger ses grandes jambes assez rapidement pour se propulser dans l’eau semble impossible, car l’effort physique apparaît trop important. De même, la surface de son corps et donc sa résistance à l’eau paraissent trop grandes pour s’y déplacer.”

En revanche, il semblerait que la girafe flotte! Et ce, à

partir d’une hauteur d’eau de 2,80 mètres. L’animal pourrait ainsi “traverser des eaux peu profondes”, estime Christopher Basu, de l’université de Londres. Reste que sa position serait alors très inconfortable : à cause de ses longs membres qui l’attirent vers le fond, ses hanches se placent au-dessus de ses épaules, son cou est à l’horizontale et sa tête se trouve quasiment sous l’eau. “Cela rend sa respiration et sa baignade plutôt difficiles!”, en déduit Frank Fish, professeur de biologie et de zoologie à l’université du Michigan. Sans doute la raison pour laquelle, même en cas de danger, “les girafes évitent l’eau profonde”, conclut-il. **FC.**



> Si la girafe a du mal à nager, elle peut flotter, mais dans quelle position ! Les hanches au-dessus des épaules et la tête à moitié sous l’eau (ci-dessus)...



# Peut-on mourir de douleur ?

Question de Lucas Foures, Verdun (55)

Non, la douleur en elle-même ne peut pas nous tuer. Elle n’est que l’interprétation d’une sensation par le siège de la réflexion : le cortex préfrontal. En revanche, cette même sensation douloureuse va être interprétée différemment par le cerveau reptilien, zone où le stress est généré.

En libérant des hormones dans le corps, l’hypothalamus nous prépare à la

fuite ou au combat. C’est une réaction violente et très énergivore. Le cœur et la respiration accélèrent et les muscles se préparent à l’action. Pour les personnes fragiles du cœur, un risque existe donc ; pour les autres, cette réaction n’est pas dangereuse tant qu’elle est épisodique.

Elle ne devient néfaste

que si elle est répétée. “L’organisme ne peut pas entrer en état de stress dix fois par jour sans séquelle”, explique Jean-Marie Zajac, de l’Institut de pharmacologie et de biologie structurale. C’est le stress répété sur le long terme qui peut conduire à un arrêt cardiaque ou à une fatigue extrême. La douleur, elle, n’est qu’une information.” **FC.**

**GAGNEZ UN ABONNEMENT D'UN AN À**

**SCIENCE & VIE**

**Cette rubrique est la vôtre, écrivez-nous!**

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

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

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



Exposition "Osiris, mystères engloutis d'Égypte", à l'Institut du monde arabe

# Les rites secrets de Pharaon révélés

Dans l'ancienne Égypte, il n'y avait pas de mythe plus sacré que celui d'Osiris, son premier Pharaon légendaire.

Il était le dieu dont on ne pouvait dire le nom, et les rites qui lui étaient consacrés étaient indescriptibles, rappelle, les yeux brillants, l'archéologue Franck Goddio, de l'Institut européen d'archéologie sous-marine. Pourtant, cet automne, l'Institut du monde arabe va nous initier aux plus secrètes cérémonies qui lui étaient consacrées il y a plus de 2000 ans, des rites connus à l'époque de Pharaon seul et de ses prêtres.

## UNE POMPÉI ÉGYPTIENNE

*"Cette exposition veut être pour le visiteur source d'admiration et de connaissance, s'enthousiasme Jack Lang, président de l'Institut. Pour la première fois, nous pénétrons les mystères du dieu mort et ressuscité qui, quand les champs reverdissaient, devait assurer l'abondance et garantir la stabilité du pouvoir dynastique. La scénographie, spectaculaire, nous plonge dans les eaux du golfe d'Aboukir, nous invitant à suivre les pèlerins qui se rendaient chaque année en cortège de la ville de Thônis [Heracleion] à*

*Canope..." Une ambiance soignée et plus de 290 objets inédits sont là pour réaliser cet objectif.*

Les 1100 m<sup>2</sup> de l'exposition s'ouvrent sur une évocation du mythe et de ses principaux protagonistes : Osiris, démembré par son frère Seth ; Isis, sa sœur et épouse qui le reconstruit le temps de concevoir un fils : Horus, héritier de la couronne de son père – qui descend régner sur les morts...

Mais c'est en découvrant les vestiges archéologiques tirés des eaux après plus de 1500 ans d'oubli que l'on entre vraiment dans le mythe osirien.

Perpétués pendant trois millénaires dans le pays, les rites étaient restés impénétrables jusqu'aux fouilles sous-marines menées par Franck Goddio, commissaire de l'exposition, dans le golfe d'Aboukir, au nord d'Alexandrie. Loin des temples emblématiques et plus anciens de Karnak, "le temple d'Amon Géreb à Thônis était, au III<sup>e</sup> siècle avant J.-C., celui où Pharaon venait chercher les insignes de son pouvoir, souligne Franck Goddio. C'est presque une Pompéi d'Égypte : il a été parfaitement préservé par le limon dans lequel il s'est enfon-



▲▼ Le mythe d'Osiris (ci-dessous) est le plus sacré d'Égypte : 290 objets inédits permettent de reconstituer les rites secrets dont il faisait l'objet (en haut, cet œil d'Horus est une amulette de guérison).

cé". En effet, les anciennes villes de Thônis et Canope furent submergées brutalement par des mouvements sismiques.

Les fouiller, c'est donc remonter le temps. Un documentaire présente ainsi les méthodologies et techniques mises au point pour sonder les fonds limoneux, traiter les objets

découverts et retrouver le tracé des cités antiques. Différents dispositifs scénographiques présentent en parallèle ports, bassins, quais et canaux... mais aussi temples et sanctuaires, avec les étapes, publiques ou secrètes, de la cérémonie qui s'y déroulait.

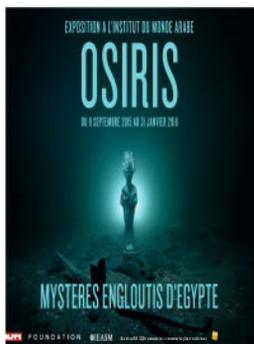
Vingt ans d'analyses de textes sacrés égyptiens et



CHRISTOPH GERIGK/FRANCK GODDIO/HILTI FOUNDATION  
un long travail d'interprétation des centaines d'objets exhumés ont permis d'attribuer à chaque rite ses encensoirs, amulettes, etc. Le grand temple d'Amon Géreb est notamment évoqué par son *naos*, son "saint des saints" en granit rose gravé et sa vaisselle liturgique en bronze (brasero, lampes à huile, miroirs...); les sanc-

tuaires d'Osiris à Canope, par une superbe statue de la reine Arsinoé en Isis. Entre les deux, la procession nautique dévoile en photo sa barque votive de 11 m de longueur, ses statuette et leurs nombreuses offrandes. Ces Mystères, joués dans toute l'Égypte pendant trois mille ans, reprennent ici vie pour quelques mois... **E.R.**

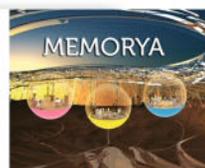
◀ Un documentaire retrace les recherches autour des temples engloutis de Canope et Thonis, dans le golfe d'Aboukir (en haut, la découverte d'une tête de prêtre en granit noir). A g., un pectoral de Pharaon dans sa barque solaire.



► Du 8 septembre 2015 au 31 janvier 2016  
► Institut du monde arabe, 1, rue des Fossés-Saint-Bernard, Place Mohammed V, 75006 Paris  
► Horaires : de 10 h à 19 h du mardi au jeudi ; jusqu'à 21 h 30 le vendredi et 20 h samedi et dimanche  
► Tarifs : 15,50 € (réduit : 10,50 €)  
► <http://www.exposition-osiris.com/> et @OsirisExpo sur Twitter et Instagram

MÉDIATHÈQUE VIRTUELLE

► **Memorya**  
► <http://www.memorya.org/>



Le poisson rouge a-t-il la mémoire courte? Pourquoi faut-il oublier? Quelles sont les maladies de la mémoire? Vidéos de témoignages, tests, BD, exposés... livrent les réponses à ces questions, et bien d'autres, au sein de Memorya, une médiathèque virtuelle à l'aspect de cité futuriste. Le site invite à explorer aussi bien les aspects les plus courants de la mémoire (ses "petites faiblesses", ce qui fait qu'un souvenir demeure...), que les connaissances les plus récentes acquises par les neurobiologistes, les psychologues... Cinquante chercheurs ont contribué à ce site internet ludique et instructif, créé par l'Observatoire B2V des mémoires et Art'M Créateurs associés.

**N.P.**

APPLI

► **SoundCity**  
► <http://tinyurl.com/o8erqbj>



Vendredi, 10 h du matin, café-teria d'un immeuble de bureaux : 46,5 dBA. Pour les oreilles, le lieu est calme. Ce n'était pas le cas plus tôt, en plein trafic : 59 dBA. Le seuil recommandé à ne pas dépasser est de 70 dBA. L'appli SoundCity, développée par l'Institut national de recherche en informatique et en automatique (Inria), Ambientic (France) et The Civic Engine (E.-U.) mesure le bruit ambiant en temps réel grâce aux micros du smartphone. Les niveaux sonores s'affichent sous formes de graphes chronologiques et de cartes, et sont envoyés (anonymement) aux chercheurs de l'Inria, pour contribuer à l'amélioration de l'environnement sonore en ville.

**F.L.**

# Ce cube purifie l'air en utilisant la lumière

C'est dans l'habitacle de la voiture que l'air est le plus pollué. D'où l'idée de Aykow: un purificateur d'air, baptisé Aube, spécialement dédié à l'automobile. Facile à transporter (il fait 10 cm de côté), il convient aussi à une pièce de moins de 12 m<sup>2</sup>. Le principe: il élimine les polluants par photocatalyse, une réaction chimique induite par la lumière. Les ingénieurs ont ici réussi à activer cette réaction avec de la lumière visible, et sans générer de molécules néfastes, grâce à une

simple LED incluse dans le cube. Au contact du purificateur, polluants (benzène, monoxyde d'azote, pesticides...) et micro-organismes (virus...) sont dégradés par la réaction chimique et transformés en débris solides qui tombent dans la poussière (voir infographie). Une application permet de suivre la concentration en polluants en direct. Le cube est alimenté par un câble USB et n'a besoin d'aucun filtre. **N.P.**

Prix : env. 270 € (version non connectée) et 350 € (version connectée).

Rens. : [www.aykow.fr](http://www.aykow.fr)

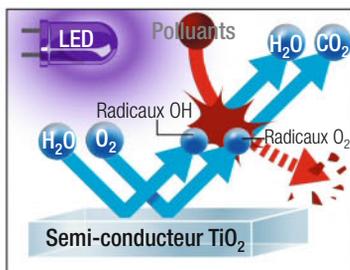


## Des écouteurs à l'écoute de votre cœur

Voici SMS Audio Biosport, des écouteurs intra-auriculaires qui analysent votre fréquence cardiaque pendant l'effort à travers vos oreilles. Le principe est simple: un capteur optique intégré dans l'oreillette droite mesure le flux sanguin dans le pavillon à l'aide d'un signal lumineux. Votre smartphone reçoit ensuite l'information et vous la transmet vocalement... à l'oreille. Seul bémol, le dispositif est, à ce jour, uniquement compatible avec l'application de coaching RunKeeper (sur Android et iOS). Bon à savoir: le capteur cardiaque peut être désactivé pour simplement écouter de la musique. **L.T.**

Prix : env. 170 €. Rens. : <http://smsaudio.com>

< Un capteur optique logé dans l'oreillette prend le pouls dans le pavillon puis transmet l'information au smartphone qui la restitue dans l'oreillette.



Sous l'effet de la lumière et au contact de l'oxyde de titane ( $\text{TiO}_2$ ), l'eau et l'oxygène de l'air se transforment par photocatalyse en radicaux libres, qui détruisent les polluants.



< Ce petit purificateur (10 x 10 cm) est associé à une application dédiée (ci-contre), qui permet de suivre en temps réel la qualité de l'air dans un espace de moins de 12 m<sup>2</sup>.

## LE COIN DES PROTOTYPES

### Le premier e-book pour aveugles

Adapter les appareils qui traduisent les textes en braille au format tablette pour qu'aveugles ou malvoyants puissent lire plus facilement : c'est dans ce but que trois étudiants, fondateurs de la start-up autrichienne Blitab Technology, ont imaginé Blitab. A la place de l'écran tactile classique, ce prototype contient "une structure complexe faite d'un matériau intelligent reproduisant les points de braille", explique l'un d'eux, sans donner plus de détails. En clair, des petites "bulles" montent et descendent à la surface de la tablette pour former des pages entières de texte, alors que les appareils mécaniques traduisent, eux, une ligne à la fois. Avec ce système, même les éléments graphiques (tableaux, plans...) s'afficheront en relief. **L.B.**

Rens. : [www.blitab.com](http://www.blitab.com)



## Le maillot de bain qui alerte en cas de surexposition au soleil

Lorsqu'on se prélassé l'été sur une belle plage, il est possible de tout oublier. Et parfois même jusqu'au soleil et ses dangers pour la peau. La start-up française Spinali Design vient de commercialiser un maillot de bain pour femme, taillé sur mesure, qui intègre un capteur de rayons ultraviolets. Lorsque la dose de rayons reçus est trop importante,

le maillot de bain connecté prévient l'utilisateur du danger grâce à une alerte sonore ou visuelle sur son smartphone ou sa tablette. **S.D.**

Prix : env. 150 €. Rens. : [www.spinali-design.fr](http://www.spinali-design.fr)

> Un capteur d'ultraviolets détecte si vous restez trop au soleil et envoie une alerte sur votre smartphone.



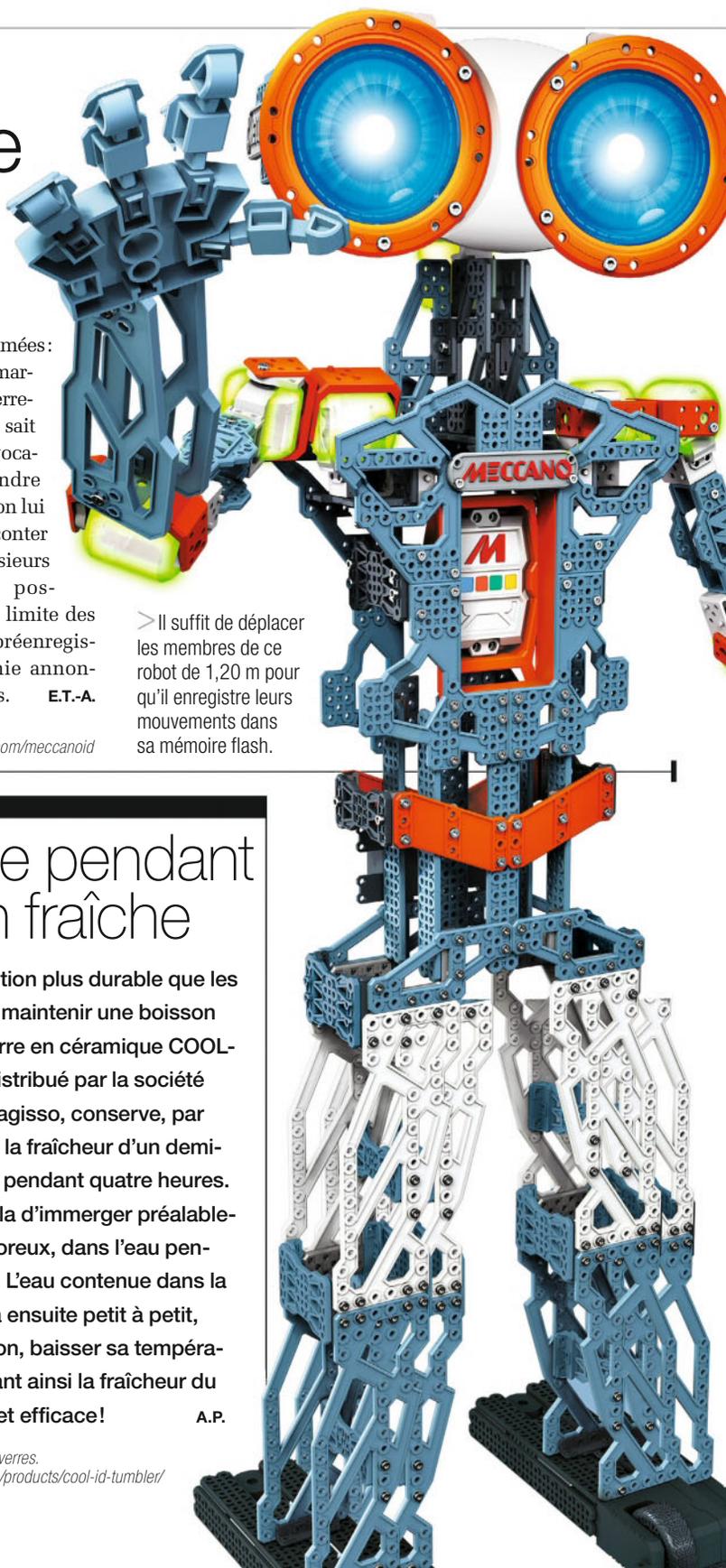
# Le premier jouet capable d'apprendre des gestes

Voici le premier robot de 1 223 pièces qui, une fois monté, est capable de reproduire les mouvements qu'on lui apprend. Haut de 1,20 m, ce G15KS signé Meccano embarque 8 servomoteurs dans les bras, la tête et le cou, plus 2 moteurs dans les pieds. Pour le programmer, il suffit de bouger ses membres: il enregistre alors les mouvements effectués sur les 64 Mo de sa mémoire flash. 30 séquences

sont préprogrammées: avance, recule, marche avec moi, serre-moi la main... Il sait aussi interagir vocalement et répondre avec humour si on lui demande de raconter une blague. Plusieurs réponses sont possibles... dans la limite des 1 000 phrases préenregistrées. Autonomie annoncée: deux heures. **E.T.-A.**

Prix: env. 350 €. Rens. [www.meccano.com/meccanoid](http://www.meccano.com/meccanoid)

> Il suffit de déplacer les membres de ce robot de 1,20 m pour qu'il enregistre leurs mouvements dans sa mémoire flash.



# Le verre qui garde pendant 4 h votre boisson fraîche



Voici une solution plus durable que les glaçons pour maintenir une boisson fraîche. Le verre en céramique COOL-ID Tumbler, distribué par la société finlandaise Magisso, conserve, par temps chaud, la fraîcheur d'un demi-litre de liquide pendant quatre heures.

Il suffit pour cela d'immerger préalablement le verre, poreux, dans l'eau pendant une minute. L'eau contenue dans la paroi s'évaporera ensuite petit à petit, faisant, en réaction, baisser sa température et garantissant ainsi la fraîcheur du contenu. Simple et efficace! **A.P.**

Prix: env. 35 € le lot de 2 verres. Rens.: <http://magisso.com/products/cool-id-tumbler/>

## Il veille sur vos messageries à votre place



Pour ceux qui en ont assez de surveiller leur téléphone, la start-up Wittl a créé un petit boîtier doté d'un écran de 64 LED multicolores, baptisé Dotti. En cas d'appel, de message, d'alerte ou de nouveauté sur un réseau social, l'application dédiée envoie un message via Bluetooth (dans un rayon de 15 m) à Dotti, qui l'affiche. A chaque notification correspond une icône. L'écran peut être en mode veille et ne s'animer que lorsque les notifications arrivent, ou bien afficher en permanence icônes et/ou animations à créer ou personnaliser. En veille, l'autonomie est de 720 h, contre 5 h quand il est constamment allumé. **M.S.**

Prix : env. 70 €. Rens. : [www.wittidesign.com](http://www.wittidesign.com)

## Un engrais bio dopé à la laine de mouton

La marque française Algoflash Naturasol a mis au point le tout premier engrais à base de laine de mouton. Non seulement ce procédé de fabrication valorise la laine brute, souvent jetée, mais en plus les granulés obtenus (50 % laine, 50 % vinaigre et mélasse) ont une action fertilisante longue durée (cinq mois) et retiennent mieux l'eau. La laine jouant en effet un double rôle d'éponge et de substance nutritive. Un engrais bio idéal pour le potager. **L.B.**

Prix : env. 6 €. Rens. : [www.algoflash.fr](http://www.algoflash.fr)



## Un double écran tactile pour deux fois plus de PC

Sprout n'est pas doté d'un, mais de deux écrans tactiles. L'ordinateur de HP dispose en effet non seulement d'un écran classique, mais aussi d'une sorte de tapis tactile géant proche du format A3, qui se pose à la place du clavier, et sur lequel un picoprojecteur, en surplomb, projette des images. L'intérêt ? Faire deux choses complémentaires à la fois. Exemples : afficher une partition sur le premier et pianoter sur le

clavier projeté sur le deuxième ; sélectionner des images sur l'écran principal et les envoyer vers le tapis, converti en tablette graphique, pour les retoucher plus facilement avec le doigt ou un stylet. Autre originalité : il peut numériser des objets grâce à sa caméra 3D, logée dans le bras du picoprojecteur. La caméra détecte les déformations des lignes blanches et noires avec lesquelles celui-ci éclaire

l'objet, permettant de reconstituer son volume. Prochaine étape : le relier à une imprimante 3D. En attendant, cet ordinateur est déjà équipé du système d'exploitation Windows et d'un disque dur de 1 téraoctet. **O.L.**

Prix : env. 2 500 €. Rens. : <https://sprout.hp.com/fr/fr/>

> Ce "tapis" tactile devient actif quand le picoprojecteur (bras en haut) projette des images dessus.



1665

# Les *Micrographia* révèlent le monde microscopique

Robert Hooke savoure son chocolat chaud dans un *coffee shop* de Londres. En ce mois de septembre 1665, il est un homme heureux. L'aristocratie savante peut ravalier sa morgue... A 30 ans à peine, ce roturier leur a montré qui, en science, était le maître. Et de quelle superbe manière ! En publiant cette année ses *Micrographia*, vaste recueil illustré de ses plus belles observations microscopiques, Robert Hooke signe un double coup d'éclat. Il démontre que la lunette de Galilée n'ouvre pas seulement de nouveaux horizons astronomiques : à peine modifiée, elle révèle aussi l'incroyable richesse microscopique qui

nous entoure. Grossies des centaines de fois, puces, tiques, mouches, fourmis ou éponges dévoilent alors des détails qui bouleversent toutes les connaissances que l'on peut avoir de cet univers lilliputien.

## UN TOUCHE-À-TOUT GÉNIAL

Et ces découvertes, il les offre à la curiosité du grand public, qui s'arrache depuis des mois le premier best-seller scientifique de l'histoire. "*Le livre le plus ingénieux que j'aie jamais lu dans ma vie*", s'enflamme Samuel Pepys au Parlement, qui avoue avoir veillé jusqu'à 2 h du matin pour en achever la lecture.

Certes, avant Hooke, Francesco Stelluti déjà, en

1625, avait dessiné quelques planches décrivant l'anatomie externe d'une abeille. Elles avaient fait forte impression sur le pape Urbain VIII. Mais par la profusion et la minutie des observations, les *Micrographia* vont incomparablement plus loin.

Hooke observe et décrit avec toute la puissance méthodologique du scientifique. Il montre comment, dans des copeaux de liège, de minuscules compartiments s'enchaînent comme les chambres d'un monastère. D'où le nom de "cellules" qu'il leur donne. Une structure qu'il retrouve dans le bois et d'autres plantes. Il dessine, avec la même rigueur, les détails stupéfiants du fil d'un

rasoir, d'un éclat de silex ou d'un morceau de glace...

Ce fils d'un modeste vicar a vite impressionné ses professeurs, à Oxford : Robert Boyle, qui domine la chimie anglaise, en a fait en 1659 son assistant. Ensemble, ils ont mis au point la pompe à air, l'un des instruments les plus importants du XVII<sup>e</sup> s., qui assurera la renommée de son maître.

Ce don d'expérimentateur lui a ouvert, en 1662, les portes de la Royal Society, fondée deux ans plus tôt, où il est chargé de présenter chaque semaine de nouvelles expériences. Et depuis cette année 1665, il donne, au Gresham College où il loge, des conférences sur des sujets techniques,

## SCIENCE&VIE en parlait déjà... PAR FIORENZA GRACCI

### 1935 REPOUSSER LES LIMITES DU VISIBLE

Deux nouvelles techniques sont explorées : la microscopie à ultraviolets, qui a été mise au point par les "laboratoires Bell, avec le concours de [...] Zeiss", et la microscopie électronique, réalisée par la firme AEG. "*Les physiciens ne désespèrent pas d'atteindre*", grâce à cette dernière, "*des grossissements supérieurs à ceux qui limitent si regrettablement la microscopie optique*". S&V n° 211

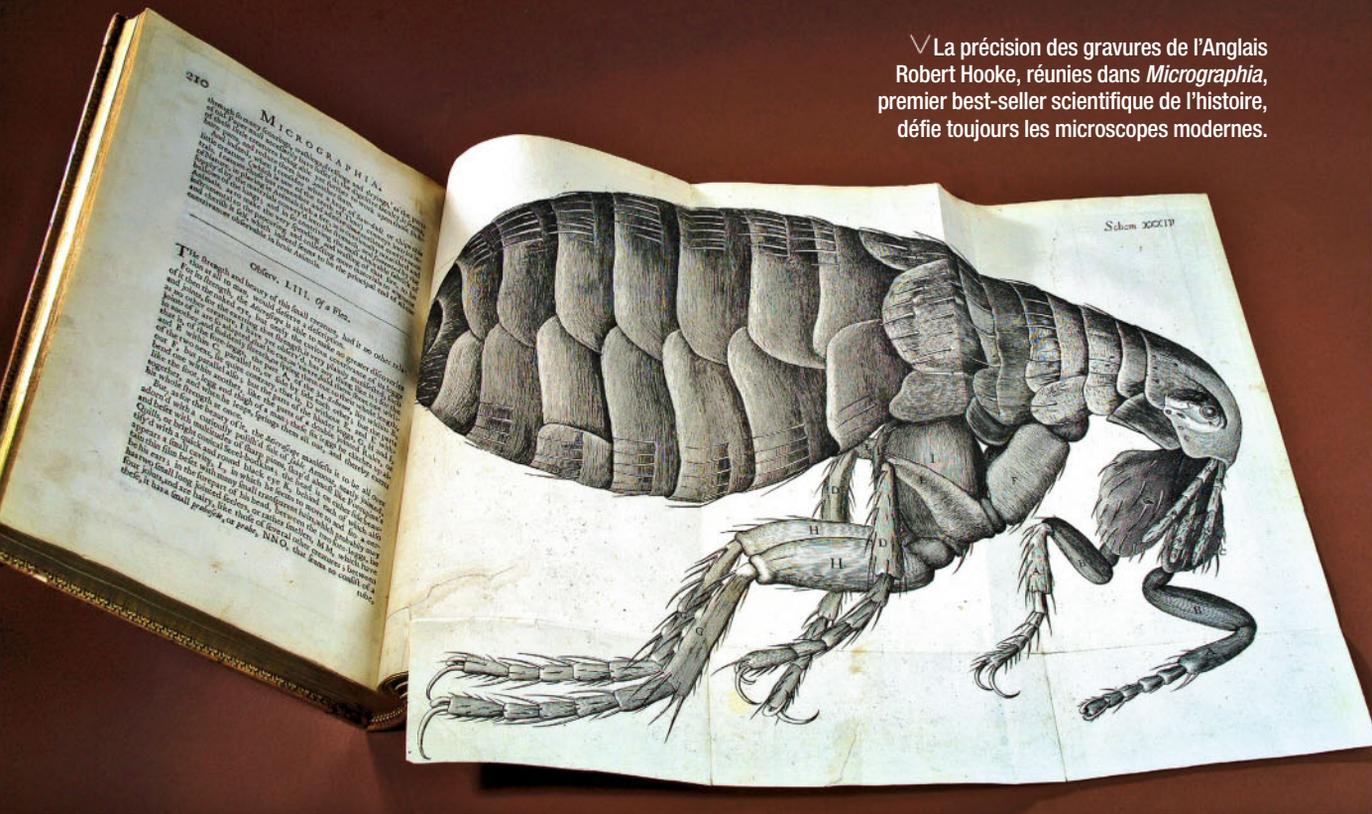


### 1942 VOIR DANS LE NOIR

Nouvelle révolution : la microscopie par fluorescence permet de voir grâce à la "lumière noire" (ultraviolets). A l'aide de "fluorochromes" (colorants fluorescents), "*la netteté des détails observés [en fait] un moyen de choix pour les investigations microbiologiques et l'étude des tissus animaux ou végétaux*". Perfectionnée, la technique recevra le prix Nobel de chimie en 2014. S&V n° 303



✓ La précision des gravures de l'Anglais Robert Hooke, réunies dans *Micrographia*, premier best-seller scientifique de l'histoire, défie toujours les microscopes modernes.



pour lesquelles un mécène le rémunère la coquette somme de 50 livres par an.

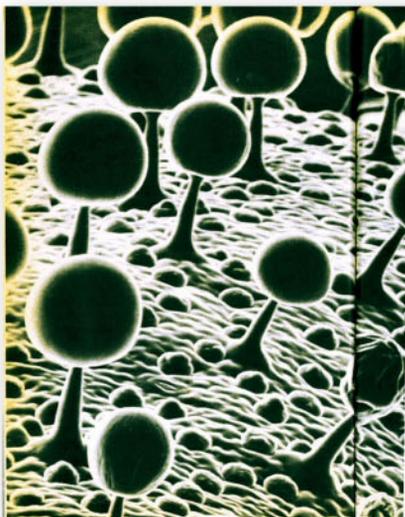
Son temps libre, Hooke le consacre à perfectionner ses instruments. En particulier le microscope, inventé au début du siècle à partir de la lunette astronomique

dont il est le dérivé logique. Son principe: un objet paraît plusieurs centaines de fois plus gros quand il est observé de très près à travers une simple goutte de verre montée entre deux caches métalliques. Hooke a alors eu l'idée d'ajouter une

seconde lentille pour observer plus confortablement l'image grossie, et de focaliser la lumière sur l'échantillon. Un nouveau monde s'offre ainsi à son regard.

Mais l'ambition des *Micrographia* ne s'arrête pas là. Hooke y livre de

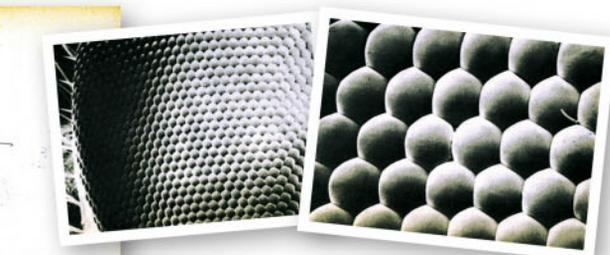
nouvelles théories dans une profusion de domaines. La combustion, explique-t-il, résulte d'un mélange entre l'air et une substance contenue dans les corps. Les fossiles, dont il soupçonne une origine organique, seraient les traces laissées



### L'AGE DU STEREOSCAN une microscopie par balayage qui permet de voir le relief

Les détails des objets microscopiques font actuellement des progrès considérables dans nos yeux réaménagés. On peut maintenant (SCIENCE ET VIE n° 590, mars 1979, page 78). Nous avons eu à ce propos que le microscope électronique, après s'être sans cesse perfectionné de 1922 à nos jours, atteint maintenant une définition presque linéaire puisque elle est de quelques angströms (1 Å = le cent millionième d'un centimètre) c'est-à-dire le diamètre des petites molécules, faite de quelques atomes seulement.

Qui plus est, grâce aux microscopes à haute énergie accélératrice, dont les électrons arrivent sur la préparation avec une énergie de 1 à 5 millions d'électronvolts, il devient possible de traverser des échantillons épais de 2 000 angströms et davantage, alors que les préparations classiques doivent au plus atteindre 100 à 300 angströms. Les microscopes électroniques de l'Institut, qui font respectivement 1 et 3 MeV, ont le même de genre des échantillons métalliques au-delà de 100 000 fois



### 1970 L'INFINIMENT PETIT EN 3D

Baptisé Stereoscan, ou microscope électronique à balayage, ce dernier bijou "atteint maintenant une définition presque limite", de 200 à 300 angströms, soit une définition "de quelques atomes seulement"! Un faisceau d'électrons balaye une surface, avant d'être capté à son retour: "On obtient une image à la fois très contrastée, et qui fait apparaître des variations de luminosité dans les zones [...] de relief très accidenté." S&V n° 633

→ par d'anciens organismes qui n'existent plus. Deux siècles et demi avant Darwin, Hooke comprend que leur étude pourrait aider à remonter l'histoire de la vie. Mais sa théorie phare, c'est celle de la lumière, qu'il considère comme une onde. Une idée qui, à elle seule, suffirait à établir sa renommée.

### ÉCLIPSÉ PAR NEWTON

Ses pairs ne s'y sont pas trompés : ses *Micrographia* le font entrer dans le cénacle des grands scientifiques. Et il cumule les fonctions prestigieuses. Nommé grand géomètre de Londres en 1666, il reconstruit la capitale après son terrible incendie. Et en 1677, il devient secrétaire de la Royal Society. Une étoile est née, dont le seul faux pas sera d'en croiser une autre, encore plus brillante : Newton. En 1687, le jeune outsider de Cambridge publiera un ouvrage encore plus éblouissant, posant les bases de la mécanique

> Hooke perfectionne le microscope (à dr.) grâce à une seconde lentille qui facilite l'observation de l'échantillon, sur lequel il focalise la lumière (à g.).



céleste et introduisant le concept de gravitation universelle : les *Principia*.

Leur rivalité, inévitable, débouche sur une querelle d'ego qui tourne au vinaigre. Newton raye toute mention de son rival dans son livre. Et s'acharnera, devenu président de la Royal Society, à effacer ses réalisations. Lorsqu'il s'éteint, en 1703, Robert Hooke est isolé, aigri, et déjà en partie oublié.

A peine laissera-t-il à la postérité une loi sur l'élasticité (la loi de Hooke). Destin injuste, tant ses *Micrographia* ont ouvert une voie nouvelle en sciences naturelles. Elles inspireront le Hollandais van Leeuwenhoek, qui observera quelques années plus tard les milliers d'animalcules qui grouillent dans une goutte d'eau croupie. Elles serviront de base, un siècle plus tard, à la théorie

cellulaire que Hooke avait entr'aperçue.

Si la microscopie ne prend son véritable essor qu'à la fin du XIX<sup>e</sup> s., la faute n'en revient pas exclusivement à Newton. L'outil lui-même mettait les savants mal à l'aise : selon l'éclairage, les yeux d'une mouche paraissaient une surface piquetée de trous, des alignements de pyramides, ou un toit d'écailles dorées. Robert Hooke lui-même prévenait qu'il ne faisait aucun dessin avant d'avoir examiné l'objet sous des lumières d'intensité et de direction différentes.

Il faudra attendre la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> s. pour que des microscopes de qualité soient produits en série, et que l'observation, couplée à la photographie, devienne une science à part entière, reproductible. Pourtant, paradoxe rare, la précision inouïe des dessins gravés par Robert Hooke rivalise toujours avec les clichés fournis aujourd'hui par les microscopes optiques les plus performants. **E. Monnier**

LEEMAGE

## SCIENCE & VIE en parlait encore

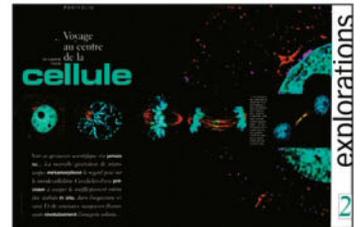
### 1996 LA RÉVOLUTION DU NANOSCOPE

"Une résolution de 1 nanomètre [...], 450 fois supérieure à celle que prédit la théorie !" C'est l'exploit du Siam, le nouveau microscope d'IBM, basé sur le phénomène de l'interférence entre ondes lumineuses – ici, des lasers. "Les interférences permettent de détecter les détails d'une taille inférieure à la longueur d'onde de la lumière, d'où l'extrême précision." On l'imagine capable de séquencer l'ADN en "lisant" les gènes. **S&V n°942**



### 2007 VOIR À TRAVERS LA MATIÈRE

Détecteurs électroniques, lasers, fluorophores et une foule d'ordinateurs : grâce à ces nouveaux instruments, "visualiser au plus près les rouages de la machinerie cellulaire sans perturber son fonctionnement, ce défi est désormais à la portée des biologistes". Et bientôt, les microscopes biophotoniques promettent de "voir à travers la matière", et d'observer, par exemple, "l'activité des neurones [...]. d'animaux vivants". **S&V n° 1074**



à lire en intégralité dans **Les grandes archives** [www.science-et-vie.com](http://www.science-et-vie.com)

SCIENCE&VIE  
trimestriel

HORS  
SÉRIE

SCIENCE & VIE

MONDADORI FRANCE

HORS-SÉRIE - N° 272 - septembre 2015

Les nouvelles lois de la famille

ISSN 0151 0282

# LES NOUVELLES LOIS DE LA FAMILLE



PROCRÉATION



HÉRÉDITÉ



TRANSMISSION

**EN 100 ANS, TOUT A CHANGÉ**

EN 100 ANS' TOUT A CHANGÉ

**(COMMENT) LA SCIENCE  
RÉVOLUTIONNE LA FAMILLE**

**En vente le 4 septembre**

# LES PETITS MOMENTS PELFORTH



BRASSÉE DANS LE NORD DEPUIS 1921



PUBLICIS CONSEIL - H. Empress S.A.S. RCS Nanterre 418 642 062

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