

*L'accélérateur du savoir*

# Science & Vie

Mensuel n° 1006 - juillet 2001

## Lasers

Les nouveaux  
mécaniciens  
du vivant

## Toxicomanie

Les premiers pas  
du vaccin  
anti-drogue

## Electricité

La lumière  
sans les fils

# Astéroïdes

La menace  
se précise...



**DHEA**  
Faut-il en  
prendre ?

T 2578 - 1006 - 23,00 F





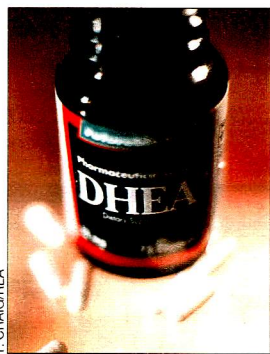


**KRO**  
**LA BIÈRE.**

ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ, CONSOMMEZ AVEC MODÉRATION.



# DHEA : en prendre ou pas ?



T. CRAIG/REA

Aux Etats-Unis, de nombreux produits contenant plus ou moins de DHEA sont vendus comme simples compléments alimentaires.

**D**ommage, la DHEA n'est pas un médicament. Cette hormone humaine, bêtement naturelle, non brevetable et si facile à produire en quantité industrielle, n'intéresse personne – sauf nous, simples mortels menacés par la vieillesse. Les laboratoires pharmaceutiques assistent avec une certaine indifférence à l'engouement médiatique et populaire pour la molécule de jouvence : elle ne peut rien leur rapporter, ou si peu. Dommage, car elle ne fera donc pas de sitôt l'objet d'une demande d'autorisation de mise le marché – la fameuse AMM, qui confère à un produit industriel le statut de médicament. L'obtention de cette autorisation est un véritable parcours du combattant. Il faut dix années d'études cliniques et des millions de francs avant de pouvoir raisonnablement conclure à un bénéfice thérapeutique, même minime, et d'identifier d'éventuels effets toxiques à long terme.

L'abondante littérature médicale consacrée à la DHEA ne doit pas faire illusion. Medline, banque de données internationale sur la recherche médicale, a déjà enregistré près de 7 000 articles, essentiellement américains, sur l'élixir du Pr Baulieu. Mais aucun ne peut se targuer d'apporter la moindre conclusion, même provisoire. En France, la DHEA n'a montré son intérêt que dans une seule étude (voir p. 132), dont les conclusions, imprécises, témoignent surtout du sentiment de bien-être des premiers consommateurs. Aux Etats-Unis, pourtant, son statut est clairement établi : la DHEA est un complément alimentaire en vente libre, comme la levure ou les vitamines. Outre-Atlantique, on n'en parle même plus, on en prend. Doit-on imiter les Américains, puisque nos pharmacies désormais en regorgent ? Le bon sens voudrait que non. A moins, peut-être, d'être très âgé. Après quinze ans de traitement, l'apparition d'un cancer pourra difficilement être attribuée à la molécule qui laisse vieillir en douceur.

**S & V**



n° 1006 • juillet 2001

1, rue du Colonel-Pierre-Avia

75503 Paris Cedex 15

Tél. : 01 46 48 48 48

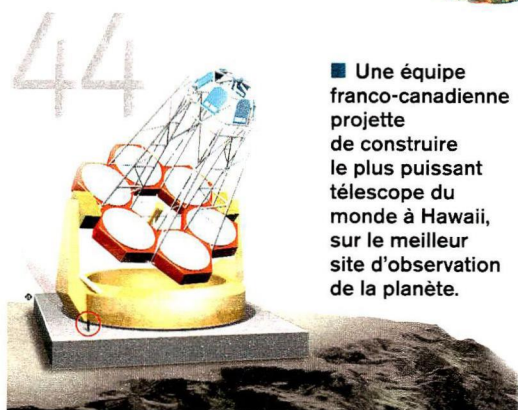
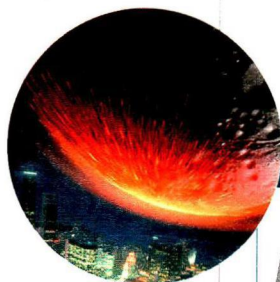
Fax : 01 46 48 48 67

E-mail : svmens@excelsior.fr

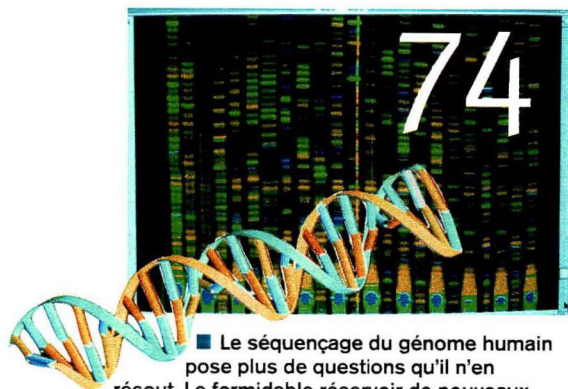
Recevez *Science & Vie* chez vous.  
Vos bulletins d'abonnement se trouvent pp. 38  
et 147. Vous pouvez aussi vous abonner par  
téléphone au 01 46 48 47 08, sur minitel en  
tapant 3615 ABON (1,29 F la minute) ou sur  
l'internet (<http://www.excelsior.fr>).

Un encart abonnement est broché sur les exemplaires  
de la vente au numéro. Diffusion : France  
métropolitaine.

Couverture : P. Carril; Hoa Qui.



■ Une équipe  
franco-canadienne  
projette  
de construire  
le plus puissant  
téléscope du  
monde à Hawaii,  
sur le meilleur  
site d'observation  
de la planète.



■ Le séquençage du génome humain  
pose plus de questions qu'il n'en  
résout. Le formidable réservoir de nouveaux  
médicaments qu'on nous promettait est encore loin...

# Sommaire

Forum .....6

## Actualité

Recherche .....14

Environnement .....26

Technologie .....34

Médecine .....40

## Astronomie

Le plus puissant télescope  
du monde .....44

## En couverture

# Astéroïdes

La menace se  
précise... .....52

## Archéologie

Le Nouveau Monde a inventé  
la pyramide .....70

## Enquête

Le blues du génome ..74

## Biodiversité

Le crépuscule  
de l'orang-outan .....82

## Santé publique

Les dyslexiques gagnent  
une bataille .....90

## Energie

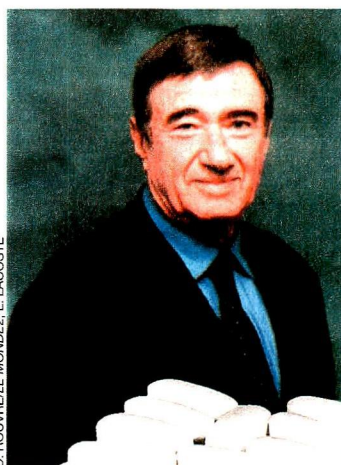
De l'électricité sans fil .....96





99

■ Un engrais à base d'algues fabriqué par une entreprise de Saint-Malo possède des vertus imprévues. Il stimule les défenses immunitaires des plantes.



132

■ L'hormone "anti-âge" découverte par le Pr Etienne-Emile Baulieu suscite espoirs et interrogations. Pilule miracle ou pilule mirage ?

152



■ Les lecteurs de DVD portables inaugurent l'ère du cinéma dans la poche. Doit-on se laisser tenter ?

## Dossier

# Spécial Bretagne

■ Le laboratoire du futur ....99

## Immunologie

Vers un vaccin anti-drogue ...120

## Biotechnologies

L'évolution en éprouvette ...124

## Physique

Les lasers mécaniciens  
du vivant .....128

## Focus

La DHEA  
en questions .....132

## Informatique

Télévision  
Plateaux de synthèse .....140

## Science net

"Voir" les images du bout  
des doigts .....145

## Internet

A la bonne heure! .....150

## Conso

Le cinéma dans la poche ....152  
Carte bancaire virtuelle .....156

## Loisirs

Le ciel du mois .....158  
CD-Rom .....162  
Livres .....164

## Histoire

Ils ont inventé l'atome (2) ...168

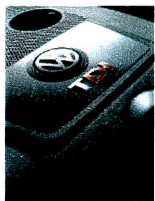
## Rétro

Il y a 75 ans .....176



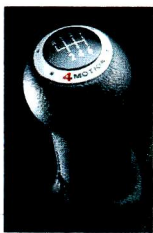
# Ceci est destiné à tous ceux qui n'ont jamais eu la chance de conduire une Bora Break TDI 115

**Le talent des ingénieurs de chez Volkswagen n'est plus à démontrer. En revanche, ce que l'on sait moins, c'est qu'ils l'ont exercé avec une passion toute particulière en concevant la Bora Break TDI 115. Pour les connaisseurs, celle-ci est déjà une référence dans le petit monde des breaks de sport d'exception.**



Les injecteurs-pompe du TDI 115 projettent le carburant à une pression de plus de 2000 bars dans chacun des 4 cylindres, pour atteindre un couple maximum de 285 Nm dès 1.900 tr/min.

La boîte mécanique 6 vitesses propose un confort routier amélioré (plus grand silence), une baisse de la consommation et une meilleure exploitation du couple moteur à toutes les allures. La motorisation TDI 115 peut être couplée à la fameuse transmission intégrale permanente 4MOTION qui assure à l'automobiliste une adhérence maximale quelques soient les conditions d'adhérence auxquelles le véhicule peut être confronté.



En matière de sécurité, rien n'a été laissé au hasard. Le correcteur électronique de trajectoire ESP est ainsi proposé de série sur la gamme Bora.

Il permet au véhicule de conserver la stabilité de sa trajectoire (dans la limite des lois physiques).

Quels sont les signes distinctifs de la Bora Break TDI 115 ? Un style sportif, une technologie au service d'un vrai plaisir de conduite et bien entendu beaucoup de place et de confort à bord.

## Une motorisation d'exception

Le TDI 115 bénéficie des merveilles de la technologie injecteurs-pompe, une exclusivité signée Volkswagen offrant un meilleur rendement avec une pression d'injection plus forte.

De ce fait, le couple moteur est renforcé pour une conduite plus agréable mais aussi plus de sécurité en cas de dépassement avec des accélérations et des reprises soutenues. La maîtrise de cette technologie garantit de faibles consommations et porte la motorisation diesel à un niveau d'excellence unique.

## Le correcteur électronique de trajectoire ESP de série

La boîte 6 vitesses livrée de série sur la Bora Break TDI 115 est à commande manuelle. Compte tenu de l'importance du couple disponible dès le plus bas régime, la Bora Break TDI 115 reçoit le correcteur électronique de trajectoire ESP de série. L'ESP utilise les données fournies par l'ABS, l'antipatinage ASR, et l'angle de braquage du volant, afin d'intervenir en situation d'instabilité, roue par roue, pour maintenir le véhicule en ligne.

Les performances de la motorisation TDI 115, la technologie omniprésente et le niveau d'équipements de tout premier ordre font de la Bora Break TDI 115 le break sportif, pratique et polyvalent par excellence. La Bora Break TDI 115 saura répondre à vos attentes et à vos exigences en terme de sécurité, de confort et d'agrément de conduite.

## La finition Carat

La Bora Break est aussi disponible (en version V5, V5 4MOTION et V6 4MOTION) avec la finition Carat qui porte le confort à son paroxysme : sellerie cuir, autoradio "Gamma" avec 8 haut-parleurs et un chargeur 6 CD, sièges avant chauffants, régulateur de vitesse, jantes chromées sur la calandre, les pare-chocs et les baguettes latérales, châssis sport.



## Principaux équipements de série de la Bora Break TDI 115 :

- Correcteur électronique de trajectoire ESP
- Antipatinage électronique ASR
- ABS avec répartiteur électronique de freinage EBV
- Double airbag frontal avant
- Double airbag latéral avant
- Climatatisation manuelle
- Protection antidémarrage Immotronic agréée SRA 7 clés
- Siège conducteur réglable en hauteur
- Verrouillage centralisé
- Volant à trois branches réglable en hauteur et en profondeur
- Direction assistée
- Vitres avant et arrière électriques avec protection anti-pincement
- Rétroviseurs extérieurs électriques et dégivrants
- Prétensionneurs de ceintures avant
- Carrosserie entièrement galvanisée garantie 12 ans contre la corrosion.

## Caractéristiques techniques de la Bora Break TDI 115 :

- Puissance : 115 ch / CEE, 7 CV
- Accélération de 0 à 100 km/h : 11,1 s.
- Vitesse maximum sur circuit : 195 km/h.
- Consommation CE 93/116 (l/100 km):
  - cycle urbain : 7,0
  - cycle extra-urbain : 4,4
  - cycle mixte : 5,3
- Emissions CO<sub>2</sub> (g/km) : 143.

## Nouvelle gamme Bora Break

- Bora Break 1.6
- Bora Break TDI 115
- Bora Break Confort 1.6
- Bora Break Confort TDI 115
- Bora Break Confort TDI 115 4MOTION
- Bora Break Sport 1.8 Turbo
- Bora Break Sport TDI 115
- Bora Break Sport TDI 115 4MOTION
- Bora Break Carat V5
- Bora Break Carat V5 4MOTION
- Bora Break Carat V6 4MOTION



**www.volkswagen.fr**

3615 volkswagen (0,12 franc l'accès, 1,28 franc la minute) - 0 825 02 25 25 (0,98 franc la minute).



PUBLICITÉ





**CALL NUMBER: 740.75103**



Et si les différences nationales peuvent valoir la peine ? Elles y parviennent peut-être grâce aux vaccins, curatifs. A travers le monde, pharmas, laboratoires explorent cette stratégie originale. Elle émerge de nos premiers succès. Sa force, les chimistes cellulaires de découvrir, synthétiser de nouvelles molécules.

[illegible]

*Etant moi-même directeur de recherche à l'INSERM et travaillant sur ce sujet depuis plus de cinq ans, j'ai déjà pu constater les réels progrès accomplis dans ce domaine par la communauté scientifique internationale. Des protocoles sont mis en œuvre depuis le début de l'année et des demandes de financements sont soumises pour en réaliser d'autres. C'est notre cas à Nantes, où nous avons l'un des plus grands centres internationaux qui soient capables de réaliser cette approche thérapeutique. Ce centre réalise actuellement un essai et attend un soutien financier pour deux autres, l'un sur la thérapie du mélanome, l'autre sur la thérapie du mésothéliome, cancer dû aux fibres d'amiante, encore très utilisées sur les chantiers navals. Souhaitons que beaucoup de recherches se dé-*

*Cependant, bien qu'ayant guéri une quantité importante de souris et de rats porteurs de tumeurs, l'immunothérapie n'est qu'à l'aube des essais thérapeutiques chez l'homme. Il faudra encore quelques années et des investissements du ministère de la Santé un peu moins frileux avant que le protocole thérapeutique soit réellement efficace. C'est pourquoi la question se pose s'il n'est pas un peu prématuré de laisser beaucoup d'espoirs aux malades.»*

Merci de ces informations complémentaires. Tout le monde espère que l'immunothérapie du cancer se développe plus vite et confirme les espoirs dont elle est porteuse. Cependant, contrairement à ce que vous avancez, notre article prend garde de ne pas donner de faux espoirs et précise bien qu'il s'agit d'une nouvelle piste de recherche médicale très prometteuse et non de thérapies déjà disponibles. ■

1903  
AVION

L'Économiste

la mort


BAN

L'Économiste

la mort

BAN

Entre un saut de puce sans aide et un vrai vol avec un petit coup de pouce, nous avons tranché, ce qui ne retire rien au mérite de Clément Ader. ■

**Jean-Charles Verleysen**  
(par l'internet) 



## Au centre de votre monde numérique.

Pourquoi un processeur Intel® Pentium® 4 ? Parce qu'aujourd'hui, on en demande de plus en plus à un PC. Il ne s'agit plus uniquement d'envoyer des e-mails ou de surfer, mais bien de profiter au maximum de la vidéo, de la musique et d'un monde de périphériques en perpétuelle expansion. Alors que des processeurs moins puissants peuvent "caler" face à ces demandes numériques, le processeur Pentium® 4, lui, est entièrement conçu pour y répondre. Ainsi, vous bénéficiez d'une technologie PC surprenante, et vous profitez pleinement des appareils numériques qui vous entourent. Êtes-vous toujours convaincu de la puissance de votre PC ? Pour en savoir plus, rendez-vous sur [www.intel.fr/pentium4](http://www.intel.fr/pentium4)



**Retour au montage de ses films**  
 Les images numériques sont devenues le fil de la chaîne de montage vidéo. Les logiciels professionnels ont permis de passer de la prise de vue à la diffusion sans passer par le support physique de la cassette. Les logiciels professionnels ont permis de passer de la prise de vue à la diffusion sans passer par le support physique de la cassette.

**■ LA TAILLE**  
 D'un côté, les images numériques sont devenues le fil de la chaîne de montage vidéo. Les logiciels professionnels ont permis de passer de la prise de vue à la diffusion sans passer par le support physique de la cassette.

**Problème de montage**  
*«Je me permets de vous écrire suite à l'article sur les caméscopes numériques (n° 1005, p. 160). Je pense qu'une information essentielle manque à cet article et entretient une confusion : il s'agit de la possibilité de faire des montages numériques à partir d'un Digital 8 et*

*d'un ordinateur équipé de FireWire. Possesseur d'un iMac et d'un HandyCam Sony Digital 8, j'ai pu transférer avec une remarquable facilité mes enregistrements vers mon iMac et les monter avec le logiciel iMovie. Quand j'ai voulu les transférer de nouveau vers le caméscope, impossible. Une recherche sur l'internet m'a appris qu'une commission eu-*

*ropéenne avait exigé le bridage des caméscopes Digital 8 vendus en Europe, ceci sous le prétexte fallacieux que l'on pouvait s'en servir pour copier des cassettes du commerce. Bien entendu, cette information n'est pas mentionnée sur l'emballage du produit, seul un "E" indique qu'il s'agit d'une version européenne. Sachant qu'un film de durée moyenne dépasse les 3 Go, il ne reste qu'à le jeter à la corbeille pour ne pas saturer son disque dur.»*

**Didier Guillion (Toulouse)**

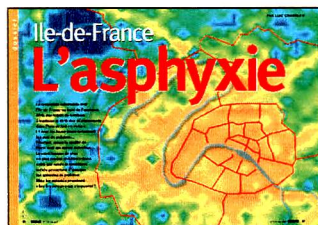
Ce bridage rend en effet le transfert vers le caméscope impossible. Il y a plusieurs solutions à ce problème : l'acquisition d'un graveur-lecteur de DVD-Rom qui permettra au moins de stocker jusqu'à 4,7 gigaoctets sous forme de fichier informatique. Cela coûte moins de 3000 F. Avec un graveur-lecteur de DVD-vidéo, on pourra lire directement le document en vidéo, mais l'investissement est de l'ordre de 15000 F. Comme nous le précisons dans notre article, ce problème ne se pose pas avec les caméscopes numériques à DVD-Ram.

## 'asphyxie gagne du terrain «Bravo pour l'article "Ile-de-France, l'asphyxie"»

*(n° 1004, p. 86), qui lance un cri d'alarme très salutaire. Cependant, il me semble que vous n'allez pas jusqu'au bout de votre réflexion. En effet, les causes directes de cette pollution tiennent toutes à un problème fondamental qui est l'extension continue de la région parisienne : partout, dans un rayon parfois supérieur à 30 km, se construisent entrepôts, parkings, villages préfabriqués souvent peu ou pas desservis par les transports en commun. Il en résulte une diminution des espaces verts, un accroissement du nombre des véhicules, ces deux facteurs entraînant logiquement les conséquences que vous décrivez. Quand arrêterons-nous cette course à l'asphyxie totale ?»*

**Jean-Pierre Mathieu (Clamart)**

Votre analyse est parfaitement pertinente et rejoint le propos que nous tenions dans l'article "Le SOS des campagnes" (n° 1000, p. 182), qui évoquait ce problème et les solutions que les pouvoirs publics étudient pour y remédier.



**Bévues** Nos lecteurs nous signalent les erreurs suivantes :

- Dans l'article "Il y a toujours eu de l'eau sur Terre" (n° 1003, p. 86), il fallait comprendre que les chiffres en indice dans un isotope de l'oxygène  $O_{16}$  indiquent le nombre de nucléons du noyau, soit huit neutrons et huit protons, et non le nombre de neutrons.
- Les antidépresseurs du type Prozac induisent des effets indésirables chez deux patients sur 1000, et non sur 10000 comme nous l'avons écrit (n° 1003, p. 45).
- Les instruments que nous présentons dans le n° 1003, p. 39, sont produits par la société Nielsen Kellerman.



RASAGE

APRÈS  
RASAGE

PURETÉ  
VISAGE

SOIN  
VISAGE

DOF ●●●●  
Beiersdorf

Q10

**PLAY HARD · LOOK YOUNG\***  
**SOIN REVITALISANT 24h.**

**NOUVEAU**  
**FORMULE AU CO-ENZYME Q10**

Revitalise l'épiderme et atténue les signes de fatigue.  
Protège la peau des agressions extérieures.  
Renforce le système de régénération cellulaire.

**POUR CEUX QUI OSENT LE SOIN.**

**NOUVEAU**  
**CREME REVITALISANTE Q10**

■ REVITALISE ■ FORTIFIE ■ PROTEGE



\*Vivez Intensément - restez jeune.

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



## RECHERCHE GÉOPHYSIQUE

### Les Français à la conquête de Mars

Le Centre national d'étude spatiale (CNES) a mis au point une mission scientifique pour la planète rouge. Découvert en novembre 2000 dans le Sahara marocain, ce caillou de 25 g baptisé Théodore Monod, est l'un des vingt représentants de ce type dans le monde. Il est le premier à être mis à la disposition des chercheurs de l'Hexagone depuis 1815.

Cette pierre est une dédicace, et à partir de son analyse, on s'attend à une quarantaine de laboratoires nationaux les planétologues espèrent recueillir une fois d'importance sur la manière dont Mars a acquis sa structure géologique actuelle. L'analyse de la composition chimique et isotopique de cette



Dans l'attente d'une future mission, les planétologues s'attachent à étudier les détails superficiels du caillou de 25 g.

marion. Pour les scientifiques français, Théodore Monod servira à mettre au point les techniques qui seront utilisées lors de la mission "Mars retour d'échantillon", prévue en 2011. Les laboratoires français pourraient alors travailler avec les équipes américaines dans l'appel d'offre international qui devrait être lancé vers 2009 sur des critères purement scientifiques. En gagnant, peut-être, le droit d'examiner

## NEUROLOGIE

### La maladie de Huntington cernée

Maladie héréditaire, la chorée de Huntington concerne 3 naissances sur 10 000 en France. Elle n'apparaît pas avant l'âge de 35 ans.

**P**illeurs de météorites « Abonnés à votre revue depuis plus d'un quart de siècle, nous nous permettons de commenter votre article "Les Français à la conquête de Mars" [n° 1005, p. 22]. Nous sommes ce que l'on pourrait appeler des prospecteurs de météorites avertis, et nous tenons à dénoncer la promotion du pillage des météorites sahariennes par le CNES : l'achat pour 400 000 F d'une météorite martienne, NWA 480, renommée pour l'occasion Théodore Monod et remise au CNRS.

Il nous paraît fort regrettable que des organismes publics puissent apporter un soutien financier à des négociants en météorites qui démarchent les populations locales du Sahara en les incitant à récolter toute pierre noire ou magnétique. Dans ces conditions, toute donnée de localisation est définitivement perdue. Or, les données de terrain sont essentielles pour déduire une éventuelle trajectoire et retrouver, dans neuf cas sur dix, d'autres météorites apparentées à la même chute. Ainsi NWA 480, de 28 g, n'est probablement qu'un fragment d'une chute multiple dont les données sont perdues à jamais. Cette acquisition survient alors que la communauté scientifique internationale, représentée à travers un organisme officiel (la Meteoritical Society), est en train de prendre des mesures pour enrayer ce pillage. Aujourd'hui, de nombreux laboratoires refusent systématiquement d'analyser ces météorites. »

Richard et Roland Pélisson (La Terrasse)  
web: <http://www.SaharaMet.com>

Il est en effet regrettable que des instituts de recherche publics s'approvisionnent en matériaux d'étude dans de telles conditions. Peut-être est-ce dû à une certaine urgence qu'il y aurait à acquérir des connaissances sur ce type de météorites, trop peu étudiées en France.

# Science & Vie

L'accélérateur du savoir

Publié par Excelsior publications SA.

Capital social : 10733500 F.

Durée : 99 ans.

1, rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15.

Tél. : 01 46 48 48 48. Fax : 01 46 48 48 67.

E-mail : [svmens@excelsior.fr](mailto:svmens@excelsior.fr), télex : Sienvie Paris.

Principaux associés : Yveline Dupuy, Paul Dupuy.

## DIRECTION, ADMINISTRATION

Président-directeur général : Paul Dupuy. Directrice générale : Yveline Dupuy. Directeur général : Jean-Pierre Beauvalet. Directeur général adjoint : François Fahys. Directeur financier : Jacques Béhar. Directeur marketing : Marie-Hélène Arbus. Directeur commercial MD : Patrick-Alexandre Sarradeil. Directrice des ventes : Chantal Contant. Directeur des études : Roger Goldberger. Directeur de la fabrication : Pascal Rémy, chef de la fabrication, Laurent Remise, assistés de : Valérie Brunehaut.

## REDACTION

Directeur de la rédaction : Matthieu Villiers, assisté d'Elisabeth Latsague. Rédacteur en chef (Science & Vie Interactif) : Jean-René Germain. Rédacteurs en chef adjoints : Gérard Morice, Philippe Chambon, Akéla Sari. Chef des informations : Isabelle Bourdial. Secrétaire général de la rédaction : Michel Zelvel. Secrétaires de rédaction : Agnès Marillier, Jean-Luc Glock. Chef de rubrique : Germain Chambost. Rédacteurs : Pierre Rossion, Marie-Laure Moinet, Henri-Pierre Penel, Hélène Guillemot, Valérie Greffoz, Hervé Poirier, David Pouilloux. Conception graphique : Nathalie Baylaucq. Direction artistique : Gilles Moine. Maquette : Lionel Croson, Valérie Samuel. Service photo : Anne Levy. Documentation : Marie-Anne Guffroy. Renseignements lecteurs : Monique Vogt. Correspondante aux Etats-Unis : Sheila Kraft, 11259, Barca Boulevard, Boynton Beach, Florida 33437, Etats-Unis, tél. : (00) 1561 7339207, fax : (00) 1561 7337965.

## ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

Serge Brunier, Julie Cailliau, Isabelle Carrel, Uriell Ceillier, Loïc Chauveau, Serge Courrier, René Cuillierier, Anne Debroise, Virginie Gallet, David Groison, Philippe Henarejos, Clotilde Léger-Waltz, Pedro Lima, Marielle Mayo, Valérie Pauliac, Ariane Poulantzas, Claude Rayraud, Véronique Rochewsky.

## RELATIONS EXTÉRIEURES

Michèle Hilling, assistée de Chrystel More.

## DÉPARTEMENT INTERNATIONAL

Directeur : Marie-Ange Rouquet-Dezellus, tél. : 01 46 48 47 26, fax : 01 46 48 19 19. Chef de produit junior : Mathilde Janier, tél. : 01 46 48 47 13.

## PUBLICITÉ

Excelsior Publicité Interdéco, 23 rue Baudin, BP 311, 92303 Levallois-Perret Cedex, tél. : 01 41 34 82 08. Directeurs généraux adjoints : Olivier Meinvielle, Patricia Brault. Assistantes : Valérie Louis, Sophie Sorita. Directeur de groupe commercial : Edmond Tran. Directrice de la publicité : Sophie Oger. Directrices de clientèle : Véronique Le Gall, Aline Reiniche. Assistante de publicité : Elise Naudin.

## À NOS LECTEURS

Renseignements : Monique Vogt, tél. : 01 46 48 48 66, e-mail : [mvogt@excelsior.fr](mailto:mvogt@excelsior.fr). Commande d'anciens numéros et de reliures : Chantal Poirier, tél. : 01 46 48 47 18.

## SERVICES COMMERCIAUX

Chef de produit marketing : Carole Hilttenbrand. Chef de produit ventes : Marie Cribier. Téléphone vert : 0 800 43 42 08 (réservé aux dépositaires), Belgique AMP, 1 rue de la Petite-Isle, 1070 Bruxelles. Abonnements et marketing direct : Patrick-Alexandre Sarradeil.

## ABONNEMENTS

Relations clientèle abonnés : par téléphone, 01 46 48 47 08 (de 9 h à 17 h 30), par courrier, service abonnements, 1, rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15. Vous pouvez aussi vous abonner sur <http://www.excelsior.fr>. Aux Etats-Unis et au Canada : Periodica Inc., C. P. 444, Outremont, Québec, Canada H2V 4R6. En Suisse : Naville, case postale 1211, Genève 1. En Belgique : Press-Abonnements, avenue des Volontaires, 1160 Bruxelles. Autres pays : nous consulter.

## À NOS ABONNÉS

Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués à nos services internes et organismes liés contractuellement avec Science & Vie sauf opposition motivée. Dans ce cas, la communication sera limitée au service des abonnements. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal. Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus. La rédaction ne reçoit que sur rendez-vous. Copyright 1989 Science & Vie.





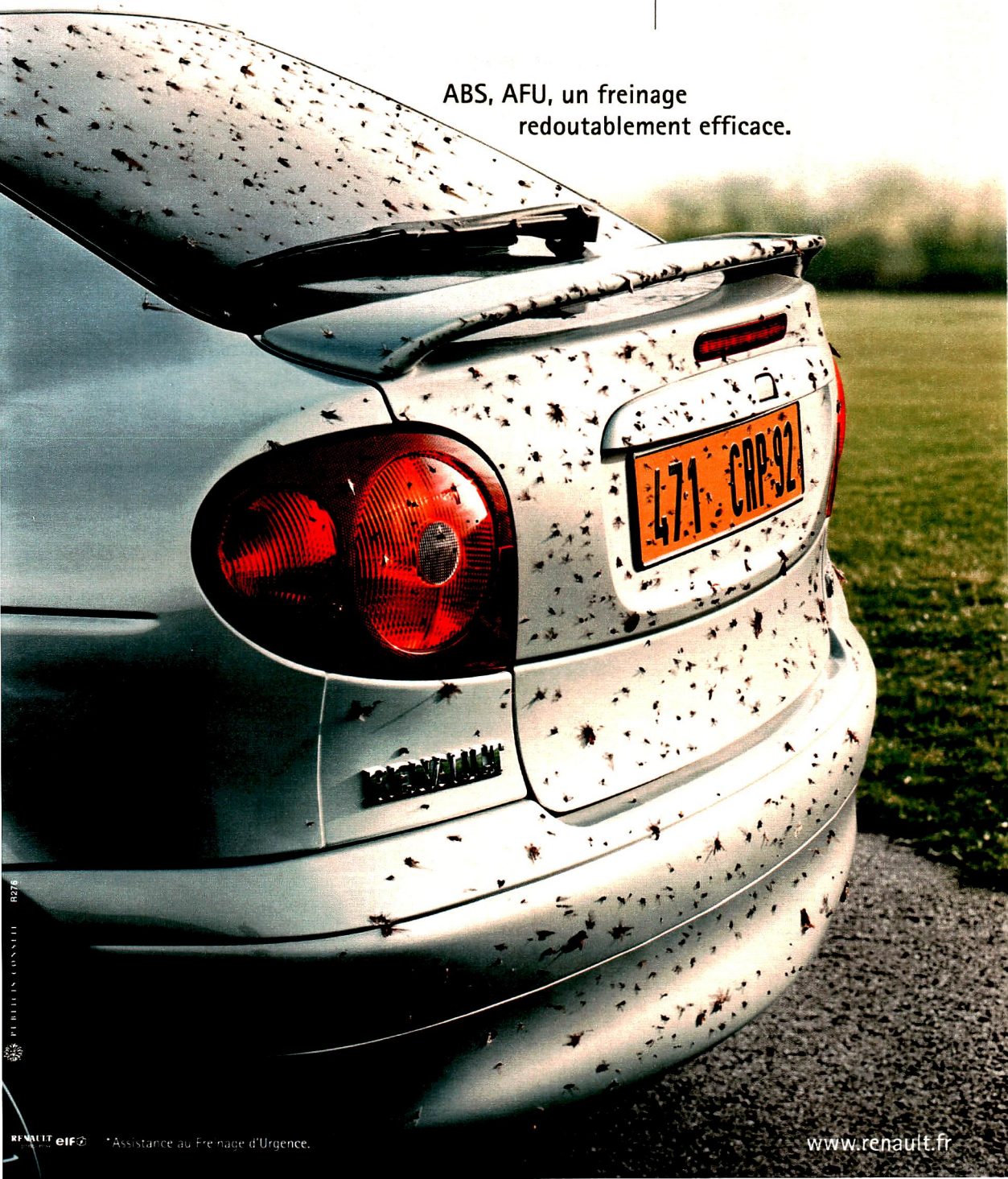


CRÉATEUR D'AUTOMOBILES

RENAULT *Mégane Coupé*

Série limitée Sport Way :  
ABS, AFU\*, climatisation...

ABS, AFU, un freinage  
redoutablement efficace.





# PROBLÈMES D'ÉRECTION ? LES MÉDECINS EN ONT VU D'AUTRES.

Les hommes sont souvent très à l'aise pour parler de sexe. Ils le sont beaucoup moins pour parler de leur propre sexualité. Confrontés à des troubles de l'érection, ils hésitent souvent à en parler à leur partenaire ou à un médecin.

Pourtant, les troubles de l'érection sont un problème médical fréquent et bien connu, dont les causes sont multiples, et qui peut aujourd'hui être pris en charge.

1 homme sur 10 souffre de troubles de l'érection. Alors si c'est votre cas, n'hésitez pas à consulter un médecin. Il saura vous apporter la réponse adaptée, pour retrouver votre équilibre et celui de votre couple.

Pour plus d'informations sur les troubles de l'érection et les solutions disponibles, contactez l'ADIRS :

► N° Indigo 0 825 00 00 10

0,99 F TTC / MN

Site ADIRS : [www.adirs.org](http://www.adirs.org)

ADIRS : BP 63 - 59003 Lille cedex



ASSOCIATION POUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'INFORMATION  
ET DE LA RECHERCHE SUR LA SEXUALITÉ

Association à but non lucratif (loi 1901) enregistrée le 8/01/2000 à la Préfecture de Lille sous le n° 1362.

Pour recevoir une brochure d'information merci de renvoyer ce coupon à l'ADIRS, BP 63, 59003 LILLE cedex.

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_

Adresse : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ville : \_\_\_\_\_ Code Postal : \_\_\_\_\_

E-mail : \_\_\_\_\_

Année de naissance\* : \_\_\_\_\_ Sexe\* : ☐ Homme ☐ Femme


☐ Je souhaite également recevoir les futures informations que vous diffuserez.

Date : \_\_\_\_\_ Signature

Seule l'ADIRS sera destinataire des informations ci-dessus. Conformément à la loi informatique et liberté du 06/01/78, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification auprès de l'ADIRS des données vous concernant. Vous pouvez demander par courrier que ces informations ne soient pas conservées.

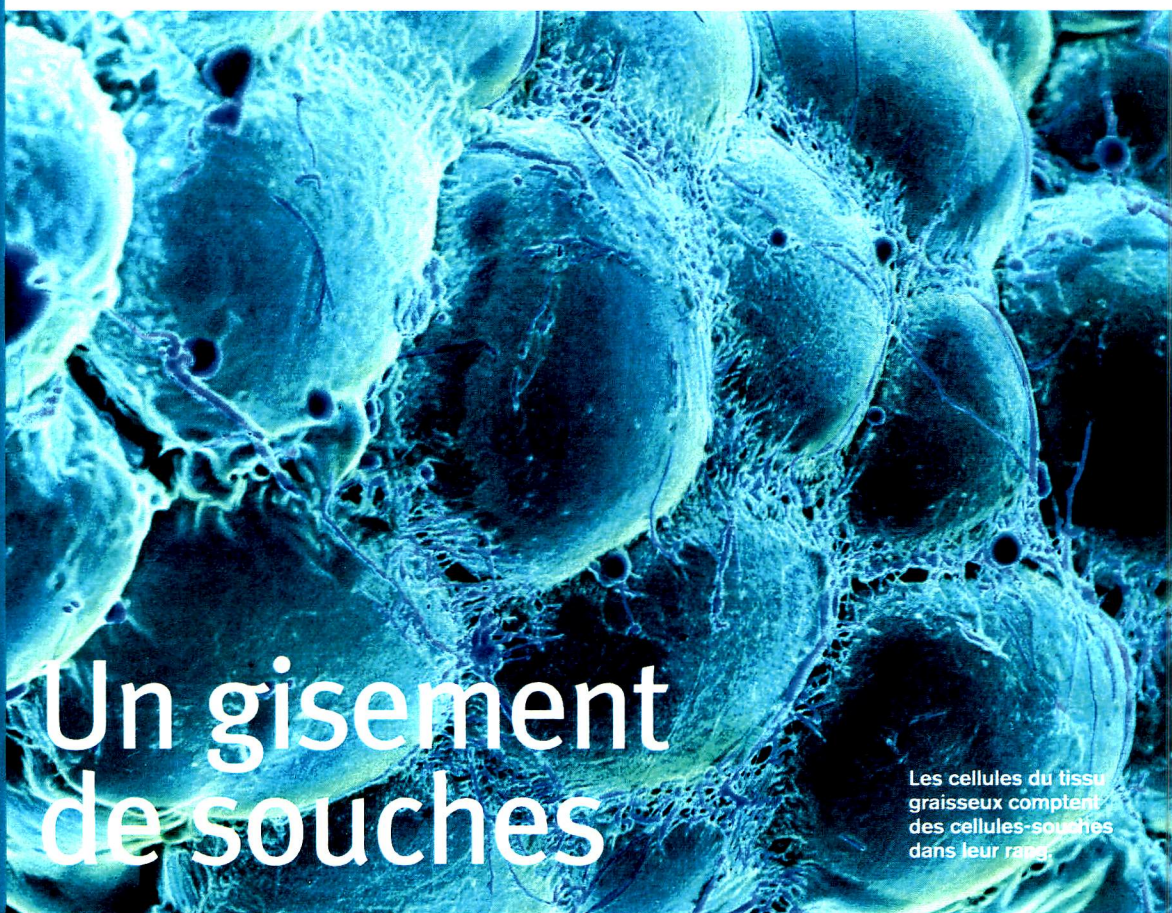
\*Réponse facultative.



A close-up photograph of a man and a woman in a warm embrace. The woman, on the left, has dark hair and is wearing a white strapless top. The man, on the right, has grey hair and is wearing a dark shirt. They are both smiling and looking at each other, with their foreheads nearly touching. The background is a plain, light color.

**ILS ONT OSÉ EN PARLER,  
POURQUOI PAS VOUS ?**





# Un gisement de souches

Les cellules du tissu gras comptent des cellules-souches dans leur rang.

QUEST/SPL/COSMOS

**La présence de cellules-souches multipotentes dans la moelle osseuse et le tissu gras adulte vient d'être confirmée, alors qu'on pensait qu'elles n'existaient que chez l'embryon. Une seule de ces cellules suffit à régénérer plusieurs organes différents !**

**O**n sait depuis longtemps que la moelle osseuse adulte contient des cellules-souches hématopoïétiques, capables de régénérer les cellules sanguines des personnes leucémiques. Il y a trois ans, on a découvert qu'elle compte aussi des cellules-souches multipotentes, capables de se différencier en cellules musculaires, osseuses et car-

tilagineuses, et que l'on pensait n'exister que chez l'embryon.

L'étude de ces cellules consistait jusqu'alors à transférer à des souris, irradiées afin de provoquer des lésions importantes de leurs organes, des fragments de moelle ou des moelles entières de souris saines. Diane Krause, de l'université Yale (Connecticut), et Neil Theise, de l'école de médecine de l'université de New York, ont

trouvé le moyen d'obtenir une cellule-souche multipotente unique, après avoir dilué de nombreuses fois des cellules de moelle (*Cell* n° 2). Chez cinq souris sur trente, l'injection d'une cellule-souche multipotente a engendré, au bout de onze mois, de nouvelles cellules formant des tissus différenciés : du poumon, de l'œsophage, de l'intestin, du foie et de la peau.

« Avant d'envisager une application thérapeutique, il faudrait pouvoir orienter la différenciation de cette cellule-souche et en maîtriser la croissance », précise Fabrizia Bignami, chef de projet en thérapie cellulaire à l'Association française contre les myopathies. « Néanmoins, cette découverte accroît les



perspectives de la thérapie cellulaire, alors que le recours aux cellules embryonnaires fait l'objet d'interdictions d'ordre éthique.»

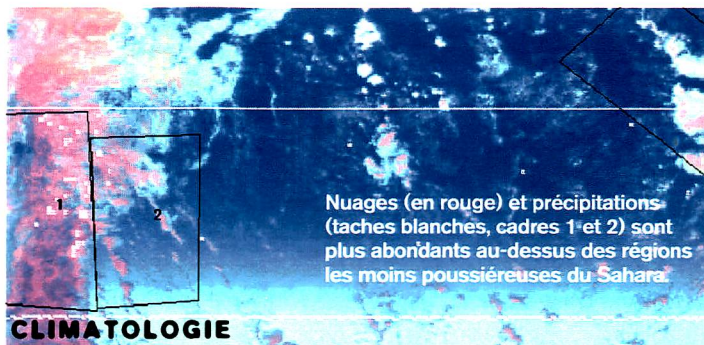
En effet, les cellules embryonnaires étaient, il y a encore peu de temps, les seules sources de cellules-souches connues. La présence de cellules-souches multipotentes chez l'adulte permet d'envisager des applications, même si les techniques qui permettent de les recueillir restent à développer. En plus de la moelle osseuse, toujours délicate à prélever, le tissu adipeux regorgerait de cellules-souches multipotentes : une simple liposuction suffirait alors à les prélever. L'équipe de Marc Hedrick, de l'université de Californie (Los Angeles), a annoncé (*Tissue Engineering* n° 2) que des essais de transplantation de ces cellules-souches adipeuses seront entrepris cette année sur l'animal. **C. D.**

## ASTRONOMIE

### Loupe cosmique

**Des astronomes de l'Observatoire européen austral (ESO) sont parvenus à mesurer le diamètre d'une étoile située à 25 000 années-lumière de la Terre (1,6 milliard de fois la distance Terre-Soleil). Pour cela, ils ont mis à profit le passage de deux étoiles sombres devant l'astre lointain. Elles ont fait office de loupe naturelle et ont légèrement dévié la lumière de l'étoile, révélant ainsi sa taille : la tête d'épingle cosmique s'est avérée dix fois plus grosse que le Soleil!**

V. G.



## La poussière engendre la poussière

**L**e sirocco, vent venu du Sahara, couvre parfois voitures et maisons de poussière rouge. Ces particules dans l'atmosphère favorisent en théorie les précipitations : chaque grain constitue un noyau de condensation pour la vapeur d'eau.

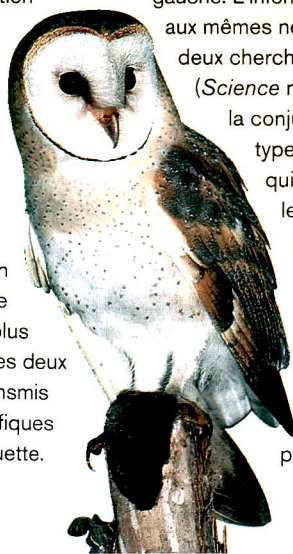
Logique, mais faux, pour Daniel Rosenfeld, de l'université de Jérusalem. A quantité égale de vapeur, les nuages "sablonneux" produi-

sent moins de pluie que les autres. Le sable projeté par les tempêtes absorbe peu d'eau et ne déclenche pas la formation de gouttelettes. La déforestation, l'élevage et l'agriculture provoquent l'érosion des sols et augmentent la quantité de poussières dans l'atmosphère, réduisant du même coup les précipitations locales. Ce qui aggrave la sécheresse et accentue la formation de poussières... **D. P.**

## ZOOLOGIE

### CHOUETTE OUÏE

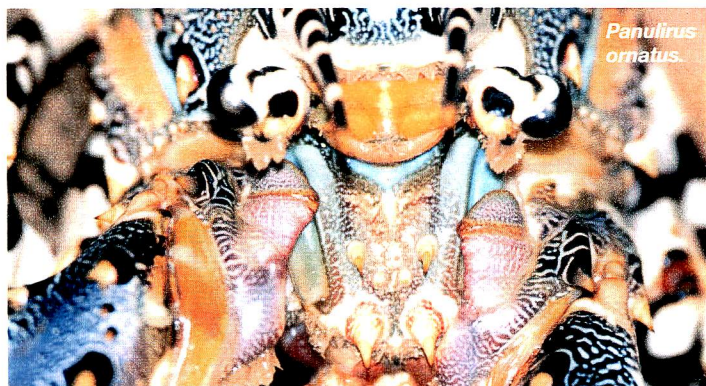
■ Pour repérer sa proie, la chouette effraie utilise deux types de signaux auditifs : l'un lui fournit une information temporelle, l'autre la renseigne sur les variations d'intensité sonore. Les bruissements d'un campagnol sur sa droite sont ainsi perçus dans un premier temps par son oreille droite, puis, une fraction de seconde plus tard, par la gauche. Les deux signaux sont alors transmis à des neurones spécifiques du cerveau de la chouette.



Simultanément, ses oreilles perçoivent de légères différences d'intensité entre les côtés droit et gauche. L'information est donnée aux mêmes neurones. D'après deux chercheurs américains (*Science* n° 5515), c'est la conjugaison des deux types de signaux qui stimulerait leur réponse, permettant d'établir dans le cerveau une sorte de carte en deux dimensions du bruit perçu. **A. B.**

F. DESCHANDOL/BIOS





*Panulirus ornatus*

© S. PATEK 2001

ZOOLOGIE

# Langoustes violonistes

**L**es langoustes du genre *Panulirus* ont recours à un ingénieux moyen pour se défendre. Elles effraient leurs prédateurs en émettant des grincements saccadés comparables à la friction pratiquée sur les instruments à cordes. Et ce, durant leur période de mue, lorsque leur nouvelle carapace encore molle les laisse sans protection.

Sheila Patek, du département de

biologie de l'université de Duke, en Caroline du Nord, a découvert que les crustacés exécutent leur partition dissuasive en frottant leurs antennes souples contre les stries microscopiques qu'elles ont sous les yeux. En adhérant d'abord aux stries, puis en glissant sur elles, les antennes jouent le même rôle qu'un archet qui émet des sons par friction sur les cordes d'un violon. **M.-E. B.-M.**

PROCRÉATION

# De l'ADN indésirable ?

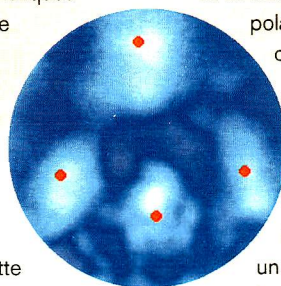
Les exploits d'une clinique privée de Livingston (New Jersey) provoquent un tollé dans le monde scientifique. Elle emploie une technique d'assistance médicale à la procréation qui consiste à injecter dans le cytoplasme (milieu intracellulaire extérieur au noyau) de l'ovule d'une femme stérile un peu de cytoplasme d'un ovule de femme jeune et fertile. Au cours de l'opération, quelques mitochondries (organites cellulaires pourvus d'ADN) sont également transférées. Ce "rafraîchissement" de l'ovule maternel donne plus de chance à l'embryon d'arriver au terme de son développement. Mais le bébé porte donc une modification génétique, héréditaire, due aux gènes mitochondriaux provenant de la tierce personne... Or, si tous les enfants nés se portent bien, 2 des 17 fœtus avortés étaient atteints du syndrome de Turner, qui se caractérise par l'absence d'un chromosome X. Cette affection touche habituellement 15 fœtus sur 1000. Est-ce significatif ? Il est trop tôt pour le dire. Les gènes mitochondriaux ne sont pas anodins : leur défaillance peut provoquer des maladies du cerveau, des muscles ou de l'œil que l'on commence à peine à identifier. **M.-L. M.**

TECHNOLOGIE

# ATOME EN 3D

■ Environ 20 millions de fois : c'est le grossissement record du microscope électronique mis au point par des scientifiques de l'institut de science et de technologie de Nara (Japon). Leur appareil multiplie par vingt les capacités des meilleurs microscopes électroniques à balayage actuels. Cette performance se double d'une autre prouesse : ce microscope permet d'observer des atomes en trois dimensions avec une précision jamais atteinte auparavant. Pour

obtenir l'effet 3D, les chercheurs japonais ont fabriqué un système qui fait le tour de l'échantillon en lui envoyant de la lumière polarisée. Les atomes objets de l'observation sont arrosés de rayons X et crachent des électrons qui viennent impressionner un écran fluorescent. Les scientifiques nippons ont ainsi procédé à la mesure exacte d'un atome de tungstène : 0,274 nanomètre (millionième de millimètre) de côté. **D. P.**



La photo en trois dimensions de quatre atomes.

H. DAMONUNARA INST.



**NOUVEAU**



**Schweppes**

**Tonic Mandarine**



**TONIC MAIS FRUITE.**





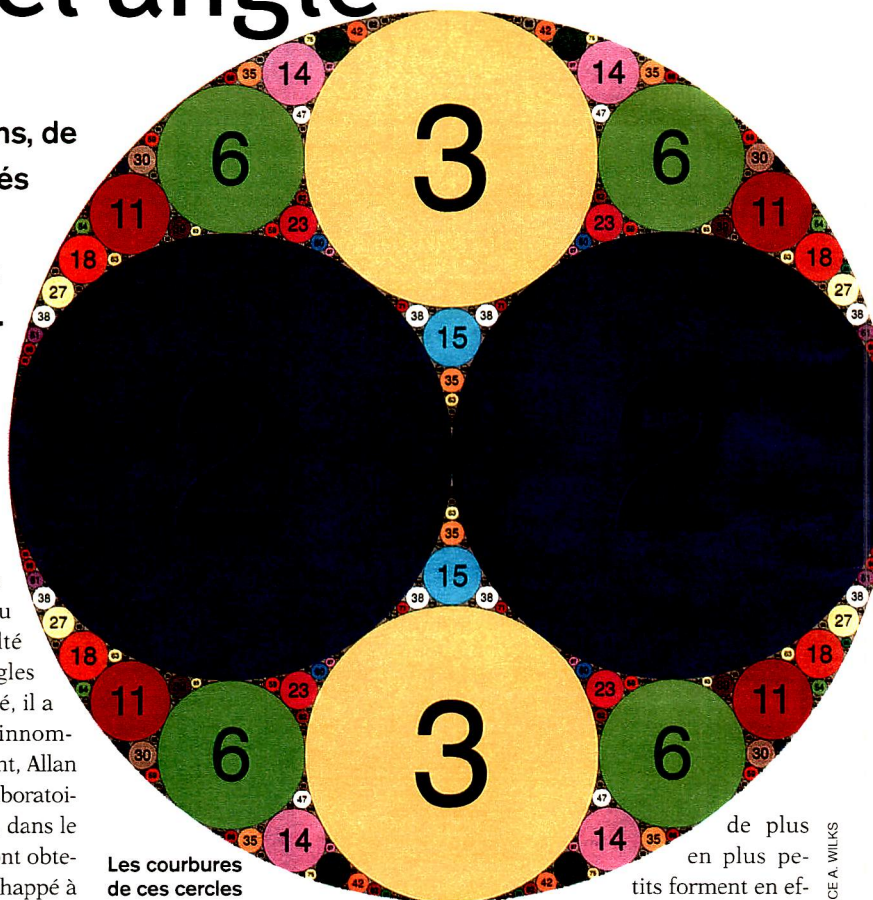
# Le cercle sous un nouvel angle

A la stupéfaction des mathématiciens, de nouvelles propriétés géométriques du cercle viennent d'être démontrées. Une avalanche de nouveaux théorèmes en perspective...

**O**n pensait tout connaître du cercle. Ausculté sous tous les angles depuis l'Antiquité, il a fait l'objet d'innombrables théorèmes. Pourtant, Allan Wilks et ses collègues du laboratoire AT&T, à Florham Park, dans le New Jersey (Etats-Unis), ont obtenu un résultat qui avait échappé à la sagacité des mathématiciens : ils ont démontré l'existence d'une formule simple (1) reliant les centres et les courbures (nombre inverse du rayon) de quatre cercles tangents entre eux.

Allan Wilks s'est mis sur la piste de ce résultat il y a six ans, en aidant la fille d'un de ses collègues à faire ses devoirs. « J'ai remarqué des propriétés entre le centre et la courbure, mais j'ai laissé dormir le problème jusqu'en 1998 ; mon collègue Colin Mallows a ensuite écrit et démontré la formule. »

Les chercheurs ont d'abord tenté



**Les courbures de ces cercles tangents créent d'étranges suites de nombres, encore indéchiffrables.**

de généraliser son résultat – réflexe naturel de mathématicien. Que devient la formule pour des sphères ? Et pour des dimensions supérieures ? Que se passe-t-il si les cercles ne sont plus tracés sur un plan mais sur une surface sphérique ou hyperbolique ? Les réponses viennent d'être démontrées et publiées par l'équipe de Wilks.

Les travaux ne s'arrêtent pas là : le problème promet aussi de nouveaux résultats en arithmétique. Les courbures des cercles tangents

de plus en plus petits forment en effet d'étranges suites de nombres entiers. Quelles sont les relations entre ces nombres ? Pourquoi certains d'entre eux apparaissent-ils régulièrement ? Ces questions fort délicates sont encore loin d'être résolues... Mais la formule des quatre cercles tangents a dorénavant sa place dans les livres de géométrie classique... **H. P.**

.....  
(1)  $2 [(c_1 z_1)^2 + (c_2 z_2)^2 + (c_3 z_3)^2 + (c_4 z_4)^2] = (c_1 z_1 + c_2 z_2 + c_3 z_3 + c_4 z_4)^2$ , avec  $c_1, c_2, c_3, c_4$  courbures des cercles, et  $z_1, z_2, z_3, z_4$  coordonnées complexes des centres.



www.club.nokia.fr

"Nos concerts  
sont en live\*  
et nos sonneries  
en ligne."

En rejoignant le Club Nokia,  
vous pouvez télécharger  
de nouvelles sonneries sur  
votre mobile ou les composer  
vous-même...

En plus des sonneries, le Club Nokia  
vous fait accéder à tous ses services :

- Icônes et écrans de veille à  
télécharger ou à créer.
- Jeux et tableaux de jeux  
à télécharger.
- L'assistance téléphonique  
"Careline".
- Et tous les services WAP<sup>(1)</sup>  
du Club Nokia.

Pour télécharger gratuitement<sup>(2)</sup>  
vos sonneries préférées, connectez-  
vous sur [www.club.nokia.fr](http://www.club.nokia.fr)  
avant le 31 juillet 2001.

## SONNERIES

1-Séries TV  
2-Pop & Rock  
3-Compo perso

Club  
**NOKIA**

\* En direct. Copyright © 2001, Nokia Mobile phone. Tous droits réservés. Nokia est une marque déposée de Nokia Corporation. Produits et modes de non contractuels. (1) Wireless Application Protocol, langage permettant l'accès aux services internet mobile. (2) Hors frais de connexion. Offre valable pour toute inscription via internet effectuée entre le 21 mai et le 31 juillet 2001 (réservée aux possesseurs de téléphones Nokia) donnant droit à 20 unités Club Nokia gratuites (valeur 29 F TTC). Certaines caractéristiques dépendent du réseau. Vérifiez auprès de votre fournisseur d'accès et/ou votre opérateur les services auxquels vous avez accès et si le réseau auquel vous êtes abonné supporte les services offerts. Vérifiez avec votre revendeur la compatibilité des services avec votre téléphone mobile. Nokia Mobile Phone Ltd se réserve le droit de changer ou d'interrompre tout avantage offert sans préavis. RC Nanterre B 330 742 784 - GREY



# RECHERCHE

## COSMOLOGIE

### Naines blanches et matière sombre

Au cœur de la nébuleuse planétaire NGC 2440, une naine blanche...

NASA

**L**es astronomes surnomment "matière sombre" cette masse invisible et mystérieuse qui constitue 90 % de la matière présente dans l'Univers et qui échappe, jusqu'ici, aux observations. Selon l'équipe de Ben Openheimer, de l'université de Californie, à Berkeley, une bonne partie de cette matière énigmatique serait tout simplement constituée de vieilles étoiles peu lumineuses – des naines blanches – qui terminent tranquillement leur vie dans le halo de gaz et de poussières qui entoure les galaxies. Ces travaux viennent conforter des résultats obtenus l'année dernière par des chercheurs européens.

En observant 10 % du ciel, l'équipe américaine a réussi à dénombrier 38 naines blanches, des astres âgés de plus de dix milliards d'années et aujourd'hui à peine plus gros que la Terre. Par extrapolation, selon les estimations des chercheurs, ce type d'astre constituerait au maximum un tiers de la matière sombre.

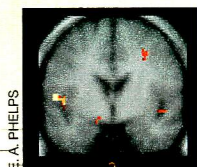
Quant aux deux autres tiers, ils restent aujourd'hui encore une énigme : certains astrophysiciens pensent qu'ils sont formés de matière "exotique", c'est-à-dire de particules élémentaires autres que les protons et les neutrons constitutifs de la matière.

V. G.

## NEUROPSYCHOLOGIE

### LA PEUR AU CERVEAU

■ Des chercheurs américains ont déterminé quelles zones du cerveau réagissent dans l'anxiété par anticipation, c'est-à-dire lorsque la cause de la peur n'est pas visuelle et réelle, mais verbale et imaginée. Ainsi, la seule pensée de se retrouver au milieu de lions affamés donne la frousse sans que l'on ait à en faire l'expérience. L'équipe de Elizabeth Phelps, de l'université de New York, a montré trois images à des volontaires en leur faisant croire, pour les apeurer, que la projection de l'une



Certaines peurs stimulent l'amygdale gauche (en jaune)

d'entre elles serait accompagnée d'un léger choc électrique. Elle a observé que, en situation de peur verbale, deux régions du cerveau réagissent : le cortex insulaire et la partie gauche de l'amygdale. Or, on sait qu'en cas de peur visuelle, c'est l'amygdale droite qui s'active. La peur stimule donc toujours l'amygdale, mais

son origine détermine les régions cérébrales qui réagissent. Selon les Américains, cette différence est peut-être à mettre aussi sur le compte d'une anticipation de la douleur.

M.-E. B.-M.

## ENVIRONNEMENT

### Plantes dépolluantes

Certains végétaux, comme *Thlaspi caerulescens* (photo), pourraient servir à dépolluer, à moindre coût, des sites contaminés par des métaux lourds. Ils sont en effet capables d'extraire ces éléments toxiques du sol et de les accumuler dans leurs parties aériennes, que l'on peut ensuite récolter et incinérer. Les cendres



USDA

seraient mises en décharge, ou, mieux, réutilisées en métallurgie. Un consortium de scientifiques et d'industriels tente actuellement d'identifier les gènes impliqués dans les mécanismes physiologiques d'extraction des métaux du sol et de résistance à leur toxicité. L'objectif : fabriquer des variétés transgéniques à croissance rapide chez lesquelles ces performances seraient améliorées. C. L.-W.



"Je ne me  
sépare jamais  
de mes  
œuvres d'art."

En rejoignant le Club Nokia,  
vous allez collectionner de belles  
images, ou plutôt de belles icônes.  
Vous pouvez les télécharger sur votre  
mobile ou les créer vous-même.

En plus des icônes, le Club Nokia  
vous fait accéder à tous ses services :

- Sonneries à télécharger  
ou à composer.
- Jeux et tableaux de jeux  
à télécharger.
- L'assistance téléphonique  
"Careline".
- Et tous les services WAP<sup>(1)</sup>  
du Club Nokia.

Pour télécharger des icônes  
gratuitement<sup>(2)</sup>, connectez-vous  
sur [www.club.nokia.fr](http://www.club.nokia.fr)  
avant le 31 juillet 2001.

[www.club.nokia.fr](http://www.club.nokia.fr)

ICÔNES



Club  
**NOKIA**



## LE TIBET FAIT LA MOUSSON

■ Des masses d'air sec et froid glissant du cœur de l'Asie vers le golfe du Bengale et la mer d'Arabie l'hiver; des vents chauds chargés de vapeur soufflant en sens inverse l'été... Tel est le régime des moussons caractéristique de l'océan Indien.

Selon des chercheurs américains et chinois (*Nature* n° 6833), ce phénomène serait né avec le soulèvement de l'Himalaya et du plateau tibétain, il y a 8 millions d'années. S'appuyant sur les données tectoniques de l'histoire de la collision entre l'Inde et l'Asie, ils ont modélisé l'impact de la modification du relief sur le climat. L'analyse de sédiments anciens, déposés par le vent sur le continent chinois et au fond des océans Indien et

Pacifique, confirme les résultats. Après avoir donné naissance aux moussons asiatiques, l'Himalaya et le plateau tibétain n'en finiraient plus de nuancer les climats, créant ici des déserts, là des régions systématiquement inondées. Mais il y a plus : il y a de 2,6 à 3,6 millions d'années, les moussons hivernales, intensifiées par le soulèvement, ont peut-être contribué aux grandes glaciations en chargeant l'atmosphère des poussières des déserts de Gobi et de Mongolie... A. B.

Au-dessus de l'Asie, des nuages de poussières issus des déserts chinois.



NASA

## ANTHROPOLOGIE

### La peau mate... les microbes

Une étude australienne menée par l'équipe de James Mackintosh, de la School of Biological Sciences de l'université Macquarie (Sydney), suggère que les peaux foncées seraient moins une protection contre le soleil qu'un rempart efficace contre... les microbes!

On a longtemps cru que la mélanine, qui colore naturellement notre peau, avait pour seule fonction de la protéger des rayons ultraviolets. Les mélanosomes, petits sacs contenant le pigment, sont

pourtant présents en abondance dans des parties du corps qui ne sont jamais exposées à la lumière du soleil, comme la gorge ou les fosses nasales. On en trouve même sous l'épaisse fourrure de certains animaux! D'où l'idée que la mélanine jouerait aussi un rôle protecteur contre les microbes, comme elle le fait chez les insectes. En effet, l'un des mécanismes de défense de l'anophèle (moustique vecteur du paludisme) ou du ver à soie consiste à produire de la mélanine pour engluier les corps étrangers. C. L.-W.

## BIOTECHNOLOGIE

### Porcs au phosphore

Rendre assimilable le phosphore des végétaux (stocké sous forme de phytate) par les porcs et les volailles est le rêve de tout éleveur. L'ajout de phosphore inorganique (le phosphate extrait des os a mauvaise presse depuis l'affaire de la vache folle...) aux aliments deviendrait inutile. Et la concentration des lisiers en phosphore, qui pollue les rivières, serait ainsi réduite. Des scientifiques de l'université de Guelph, dans l'Ontario (Canada), ont réalisé ce rêve... chez la souris.

La recette? Prendre le gène de la phytase (une enzyme qui dégrade le phytate) chez la bactérie *Escherichia coli*; lui adjoindre la partie régulatrice d'un gène de rat qui gouverne la production d'une protéine exprimée dans la salive; enfin, introduire ce gène chimère dans le patrimoine génétique d'une lignée de souris. Résultat : la souris transgénique produit dans sa salive l'enzyme qui digère le phosphore ingéré; en outre, elle rejette dans ses fèces 11 % de phosphore en moins que la souris témoin. Cette performance pourrait être améliorée chez le porc, promettent les chercheurs. Encore faut-il que l'idée de manger du porc transgénique doté d'une phytase salivaire fasse son chemin! M.-L. M.



## ARCHÉOLOGIE

# Sauna maya



D. GALLAND

Une tranchée remplie de braises et de pierres chauffait la chambre.

**L**es Scandinaves n'en reviennent pas. Selon un archéologue britannique, le sauna serait une invention maya. Norman Hammond (université de Boston, Etats-Unis) vient en effet de mettre au jour au Belize (Amérique centrale, presqu'île du Yucatan) les ruines d'une construction ayant servi à prendre des bains de vapeur neuf cents ans avant notre ère. Ce petit bâtiment était constitué d'une unique chambre, pour-

vue d'un foyer et traversée par une longue tranchée dallée. Au fond de celle-ci, on avait disposé des braises et des pierres, préalablement chauffées dans le foyer. Plusieurs personnes pouvaient prendre place autour de la tranchée et devaient vraisemblablement verser de l'eau sur les pierres pour obtenir de la vapeur. Reste à savoir si cette pratique avait une signification rituelle ou simplement hygiénique... **I. B.**

## ETHOLOGIE

# CHATOUILLES MAL PLACÉES!

■ Pourquoi le criquet solitaire du désert devient-il brusquement grégaire? L'équipe de Stephen Simpson, de l'université d'Oxford (Grande-Bretagne), s'est penchée sur l'origine exacte de ce grégarisme, qui provoque des nuées d'insectes ravageuses. Selon les chercheurs, c'est la stimulation mécanique de l'extérieur des pattes arrière qui déclenche chez les criquets le besoin de se rassembler. Simpson a suivi l'évolution du comportement de 170 nymphes solitaires, soumises pendant quatre heures à des stimuli mécaniques sur plusieurs parties du corps. Seules les chatouilles

J.-M. PREVOT/BIOS



sur les pattes arrière engendrent ce comportement. Dans la nature, quand la concentration des criquets solitaires augmente, ils se frôlent et se perçoivent comme des concurrents potentiels. Ils se lancent alors dans une course effrénée vers la nourriture. **A. D.**

## NEUROLOGIE

# Cerveaux de bébés

Cet été, des médecins américains de l'hôpital McLean, dans le Massachusetts, vont cartographier en imagerie à résonance magnétique (IRM) l'évolution du cerveau humain entre 0 et 18 mois. Les médecins espèrent ainsi suivre la formation de la moelle épinière, pratiquement inexistante chez le nouveau-né et complètement achevée chez le nourrisson de 18 mois. Jusqu'à présent, l'IRM exigeait du patient une immobilité parfaite, car les temps d'acquisition des données étaient relativement longs. Aujourd'hui, ces temps ont été considérablement réduits, et la méthode dite d'Echoplanar permet de réaliser une image en une fraction de seconde, tout en augmentant la valeur des contrastes. La cartographie des cerveaux de bébé peut commencer. Et, déjà, cinq cents familles ont proposé la participation de leur futur enfant. **D. G.**

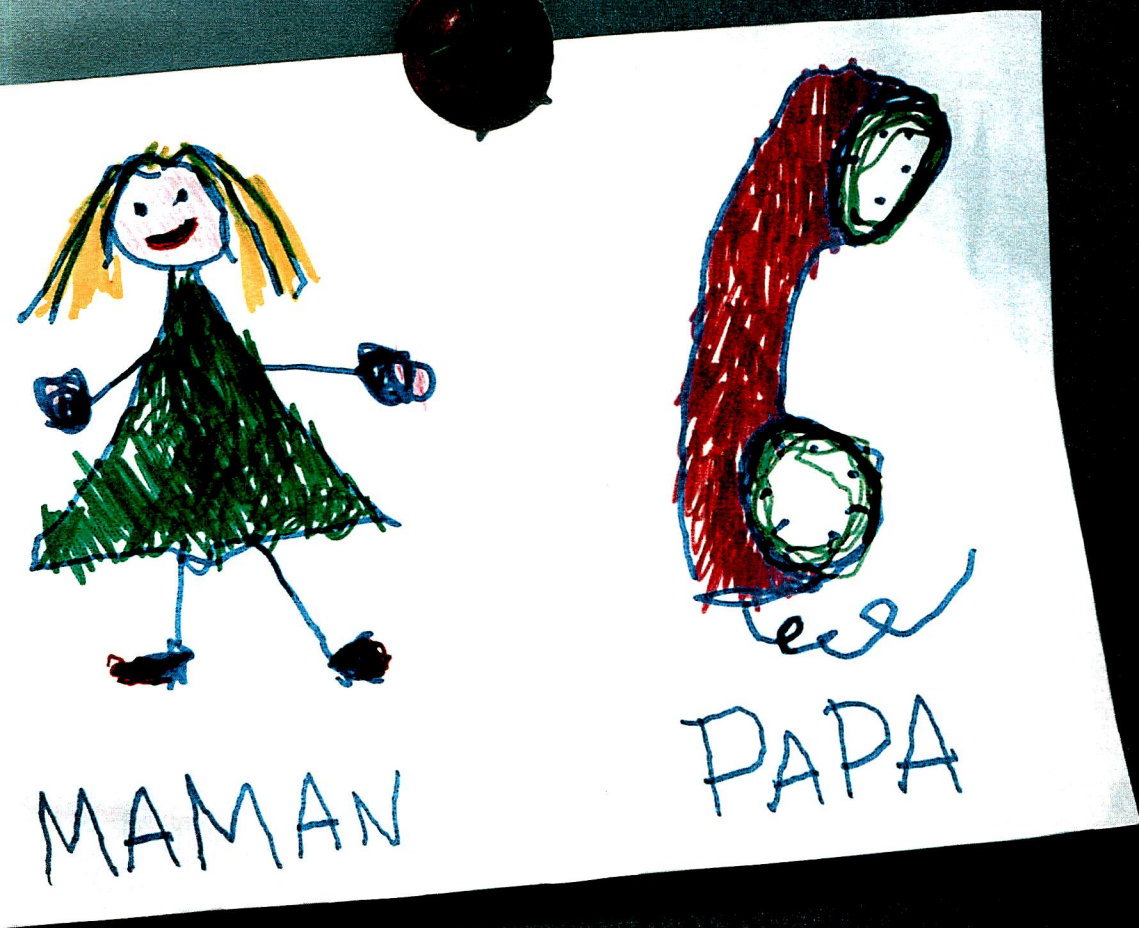
Ont collaboré à cette rubrique : Anne Balleydier, Marie-Eve Brosseau-Martel, Alexandra Delmolino, Clara Delpas, Valérie Greffoz, David Groison, Marie-Laure Moinet, Hervé Poirier, David Pouilloux, Clotilde Léger-Waltz.





Chez vous ou au bureau, vivez une nouvelle XPérience pour travailler mieux, donc moins. Avec les nouveautés d'Office XP en exclusivité sur [www.microsoft.fr](http://www.microsoft.fr).





Travaillez mieux, vous travaillerez moins.



# Une goutte de carbone dans l'océan

**Parmi les remèdes envisagés pour réduire le réchauffement planétaire : injecter le CO<sub>2</sub>, principal gaz à effet de serre, au fond des océans.**

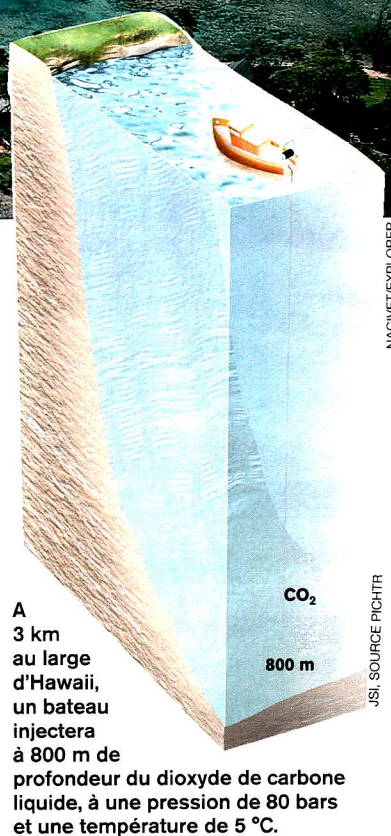
**A** trois kilomètres au large d'Hawaii, une expérience inédite doit avoir lieu cet été : elle consistera à injecter, en deux semaines, environ 60 tonnes de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) liquide dans l'océan, à environ 800 m de profondeur, là où les échanges avec l'atmosphère sont minimes. Le but : accélérer le lent mécanisme naturel du piégeage du carbone par l'océan.

Chaque année, les activités humaines rejettent plusieurs milliards de tonnes de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. L'océan en absorbe un quart, le sol et la végétation, un autre quart, et les 50 % restant s'accumulent dans l'atmosphère, constituant le principal facteur de l'effet de serre. L'océan renferme environ 40 000 milliards de tonnes de carbone, soit de quinze à vingt fois

plus que l'atmosphère, le sol et la végétation réunis.

L'essai d'enfouissement à Hawaii est donc... une goutte dans l'océan. Mais c'est une goutte de trop aux yeux des pêcheurs, des écologistes et des habitants de la région qui s'opposent au projet pour diverses raisons (infrastructures industrielles, acidification du milieu marin, etc.).

C'est à Keahole Point, sur la Kona Coast, que se situe le laboratoire d'énergie naturelle d'Hawaii (NELHA) qui mènera l'essai sous tutelle internationale. Cette expérience doit renseigner sur le comportement du panache de CO<sub>2</sub> liquide au fond de l'eau et sur son impact sur le milieu, notamment sur le degré d'acidité (pH) des eaux alentours. Si l'essai est concluant et ne rencontre pas trop d'hostilité, les ingénieurs



**A 3 km au large d'Hawaii, un bateau injectera à 800 m de profondeur du dioxyde de carbone liquide, à une pression de 80 bars et une température de 5 °C.**

devront atteindre l'objectif visé pour 2010 : 10 dollars la tonne de CO<sub>2</sub> récupérée, liquéfiée, transportée et immergée...

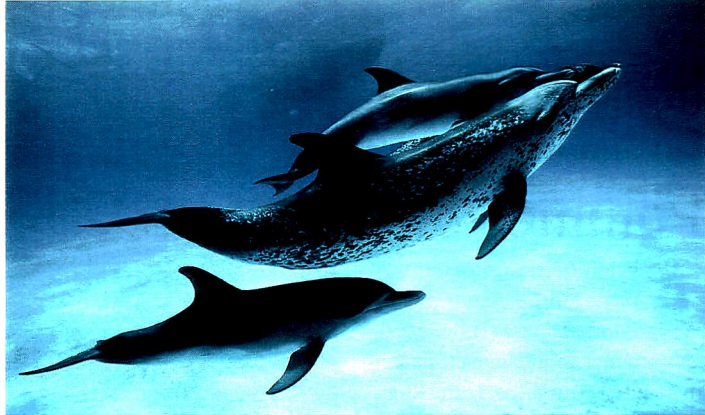
Le projet intéresse la France, au même titre que l'injection de dioxyde de carbone dans le sous-sol, qui se pratique déjà pour faciliter l'extraction du pétrole ou du gaz



naturel, ou pour limiter les émissions de gaz carbonique quand celles-ci sont taxées (comme c'est le cas dans les pays scandinaves). En effet, les deux tonnes de carbone par an qu'émet chaque Français représentent encore quatre fois ce qu'un habitant de la planète devrait rejeter pour limiter l'effet de serre. Le recours aux économies d'énergie et aux énergies renouvelables (biomasse, éolien, solaire, géothermie, pile à combustible...) ne suffira donc pas à renverser la tendance.

L'enfouissement du gaz carbonique permettrait de ne pas condamner trop rapidement la source d'énergie de loin la plus abondante et la moins chère : le charbon. Si, en France, le nucléaire représente un tiers de la facture énergétique (c'est le deuxième poste après le pétrole), le charbon assure la plus grande part de la production électrique mondiale (aux Etats-Unis, en Chine...), comme l'a rappelé Pierre Radanne, président de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) lors de la 1<sup>re</sup> Rencontre nationale de la recherche scientifique sur l'effet de serre, le 21 mai dernier.

Le ministre de la Recherche, Roger-Gérard Schwartzberg, a annoncé à cette occasion la création d'un Conseil de la recherche sur le changement climatique et le développement durable. Il a dénoncé publiquement l'attitude des Etats-Unis : non contents de ne pas avoir ratifié le protocole de Kyoto et de rejeter 25 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre (alors qu'ils ne représentent que 5 % de la population mondiale), les Américains misent sur une croissance de leur consommation d'énergie de 1,3 % par an d'ici à 2020 – à comparer au chiffre de 0,5 % que programment les Européens.



ANT/NHPACOSMOS

## ACOUSTIQUE

# Sonars assassins

**L**a Marine américaine veut utiliser dans l'océan des sonars qui émettent entre 100 et 1000 Hz. A ces fréquences, les ondes parcourent de grandes distances et permettent de détecter des sous-marins qui, sinon, passeraient inaperçus.

Mais cette technologie pose un problème. Les ondes sont envoyées dans l'eau avec un niveau sonore de 235 décibels ! A titre de comparaison, un moteur d'avion ne dépasse pas les 120 décibels. Une telle intensité peut blesser, voire tuer, les mammifères marins (qui ont, pourtant, largement servi l'armée américaine...).

Les vingt-cinq essais qui ont déjà eu lieu seraient responsables de la mort des baleines qui se sont échouées sur les côtes de Grèce en 1998. Les tests ont déclenché à plusieurs reprises la séparation prématurée de dauphins et de leur progéniture.

Une dizaine d'associations de protection de la nature ont présenté ces arguments lors des auditions publiques du National Marine Fisheries Service (NMFS), en mai dernier. C'est cette instance américaine qui devra donner – ou non –, dans les semaines qui viennent, son accord pour le déploiement du système.

**D. G.**

## OSTRÉICULTURE

# HUÎTRES STRESSÉES

■ Le stress engendré par la manipulation et le transport rend les huîtres creuses plus vulnérables à la bactérie *Vibrio splendidus*. Telle est

la conclusion d'Arnaud Lacoste et de Serge Poulet, de l'Observatoire océanique de Roscoff (Finistère). Les chercheurs ont inoculé une faible dose de la bactérie à deux



GLEIZES/REA

lots d'huîtres. Ils ont secoué le premier lot et injecté des hormones de stress au second. Les résultats sont probants : les taux d'infection et de mortalité ont

augmenté de façon équivalente dans les deux lots. Conclusion : la brutalité des pratiques ostréicoles est responsable en grande partie des pertes après récolte.

**M.-E. B.**



## ENVIRONNEMENT

## AGRONOMIE

## Pommes bio

**A**griculture biologique et rentabilité ne sont pas incompatibles. Telle est la conclusion d'une étude réalisée par l'équipe de John Reganold, de l'université américaine de Washington, qui comparait trois vergers séparés, exploités respectivement de manière biologique, "raisonnée" ou traditionnelle sur une surface volontairement restreinte (1,7 hectare).

Pendant six ans, les chercheurs ont tout répertorié et analysé : sol, arbres, traitements, feuilles, fruits, main-d'œuvre, bénéfices, etc., pour obtenir un bilan complet, aussi bien agronomique qu'économique et environnemental.

Le verger biologique permet de faire des économies de main-d'œuvre et d'irrigation, et il ne pollue pas le sol. Sa viabilité à long terme est meilleure tant pour l'environnement que pour le budget des agriculteurs, puisque l'équilibre économique devrait être atteint dès la neuvième année,

contre quinze ans au minimum pour les deux autres modes de culture. Certes, les pommes biologiques se vendent plus cher. Mais, testées par des goûteurs indépendants, elles sont jugées plus sucrées et plus fermes.

En France, des essais similaires sont en cours au Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes (CTIFL) de Balandran (Gard).

M. B.



UNIV. DE WASHINGTON

## BACTÉRIOLOGIE

## L'eau, vecteur de germes résistants

L'utilisation d'antibiotiques dans les élevages intensifs favorise l'apparition de bactéries résistant à ces molécules. Leur transfert à l'homme est-il possible ? C'est un débat très actuel.

Des chercheurs de l'université de l'Illinois, aux Etats-Unis, viennent de montrer que l'eau pourrait être une voie de contamination. L'équipe de Rustam Aminov a détecté huit gènes de résistance aux antibiotiques de la famille des tétracyclines chez des bactéries d'eaux souterraines, à 250 m d'une porcherie. Or, ces mêmes gènes étaient présents dans la flore intestinale des porcs.

Ces résultats confortent le principe de précaution adopté par la Commission européenne : alors que, aux Etats-Unis, les tétracyclines restent utilisées comme facteur de croissance pour l'élevage, leur usage a été interdit dans l'Union européenne. Quatre antibiotiques seulement restent autorisés : le salinomycine-sodium, le monensi-sodium, le flavophospholipol, et l'avilamycine – dont la Commission vient d'annoncer l'interdiction dès janvier 2002.

A. B.

## SANTÉ PUBLIQUE

## UNE ADDITION PLOMBÉE

■ L'Etat français s'apprête à dépenser 70 milliards de francs pour remplacer les 42 000 km de tuyauteries en plomb qui parcourent les vieux immeubles de l'Hexagone. But : combattre le saturnisme (intoxication chronique par les sels de plomb) en imposant un taux maximal de 10 microgrammes (µg) de plomb par litre d'eau potable. Cette norme, recommandée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS), sera

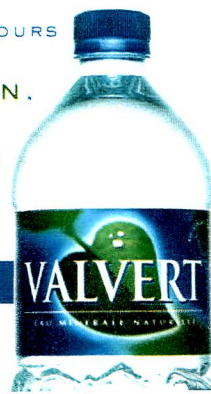
applicable en Europe en 2013, après une étape intermédiaire (25 µg/l) en 2003. Pour l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, cela n'aurait coûté que de 24 à 26 milliards de francs de s'attaquer à la cause principale du saturnisme, à savoir les peintures au plomb. Une écaille de peinture cérusée peut en effet contenir cinq cents fois la dose hebdomadaire admissible !



# ZÉRO IMMEUBLE

ZÉRO IMMEUBLE ! ? OUI, IL A ÉTÉ OFFERT 3500 HECTARES À L'ÉTAT SAUVAGE  
SIMPLEMENT POUR QUE L'EAU MINÉRALE NATURELLE VALVERT COULE DES JOURS  
HEUREUX : 3500 HECTARES SANS HABITANT, SANS AGGLOMÉRATION,  
SANS FEU ROUGE, SANS BRUIT, VOUS NE VERREZ DONC JAMAIS LA  
SOURCE VALVERT, SAUF DANS VOTRE VERRE BIEN SÛR.

AU COEUR DE LA NATURE

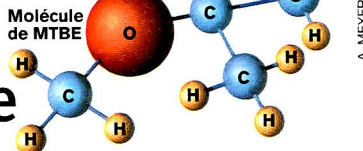






## CARBURANTS

## Un additif chasse l'autre



F. DESMESURE/EDITING A. MEYER

**L**es autorités américaines ont rendu obligatoire l'usage du méthyl-tertio-butyl-éther (MTBE) pour remplacer le plomb, toxique, dans les carburants automobiles. Or, elles veulent désormais interdire l'usage de cet additif à partir de 2003.

En effet, ce composé chimique, hydrosoluble mais peu dégradable, pollue les nappes phréatiques de façon durable. Sa forte odeur et son goût typique trahissent sa présence dans l'eau même aux plus faibles concentrations.

Jusqu'à présent, aux Etats-Unis, le taux maximal toléré dans l'eau potable était fixé à 0,013 mg/l. Mais, même à faible dose, le MTBE pourrait être à l'origine de

crises d'asthme, d'allergies, d'irritations cutanées, de problèmes oculaires, de vomissements...

Dans l'Union européenne, la nouvelle directive sur la qualité des carburants, parue le 11 mai dernier, ne remet pas en cause l'utilisation du MTBE. Elle préfère exiger que les stations-service entretiennent leurs réservoirs souterrains. Toutefois, la Commission européenne encourage clairement l'emploi d'additifs d'origine végétale : éthanol et éthyl-tertio-butyl-éther (ETBE), issus de la betterave et de céréales, pour l'essence; esters méthyliques d'huile végétale (EMVH) ou diester, issus du colza et du tournesol, pour le diesel.

H.-P. P.

## OZONE

## BON VENT LES CFC

■ Responsables de la destruction de l'ozone stratosphérique, les chlorofluorocarbones (CFC) concentrés dans la basse atmosphère terrestre doivent atteindre la stratosphère (entre 10 et 50 km d'altitude) pour se dégrader. Des chercheurs britanniques ont mis en évidence une

augmentation de 3 % par décennie des échanges de masses d'air entre ces deux couches atmosphériques. Cela entraîne une accélération du transfert des CFC vers la haute atmosphère, dont la teneur en CFC pourrait ainsi baisser plus rapidement que prévu, devant de cinq ans les prévisions. A. D.

## POLLUTION

## Des caméras dans les décharges

Tous les ans, le Japon doit jongler avec ses 51 millions de tonnes d'ordures ménagères et ses 400 millions de tonnes de déchets industriels. Les décharges illégales fleurissent un peu partout, d'autant plus qu'une nouvelle loi va désormais obliger le consommateur à financer le recyclage de ses appareils électroménagers en fin de vie. La ville d'Ichihara, une cité-dortoir située à 35 km au sud-est de Tokyo, a dépensé 57 millions de yens (soit 3,5 millions de francs) en 2000 pour gérer les décharges illégales, notamment pour déplacer les monticules d'ordures. La ville a donc installé cinq caméras de surveillance pour traquer les fautifs. Un système qu'elle espère plus dissuasif que le réseau d'observateurs payés en vain précédemment... U. C.

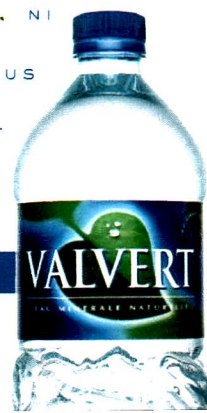
Ont collaboré à cette rubrique : Anne Balleydier, Marine Batiste, Marie-Eve Brosseau-Martel, Uriell Ceillier, Alexandra Delmolino, David Groison, Henri-Pierre Penel.



# ZÉRO CHLORE


ZÉRO CHLORE ! ? OUI. L'ÉTIQUETTE DE LA BOUTEILLE VALVERT A ÉTÉ RÉALISÉE AVEC DU PAPIER NE CONTENANT PAS DE CHLORE, NI DE MÉTAUX LOURDS DANS LES ENCRE D'IMPRESSION. NOUS SAVONS QU'UN JOUR, ELLES DEVRONT DISPARAÎTRE. ALORS AUTANT QU'ELLES LE FASSENT EN LAISSANT LE MOINS DE TRACES POSSIBLE.

AU COEUR DE LA NATURE





Chaque jour la nature nous le montre,  
si un réseau est indispensable à la vie,  
il l'est tout autant pour la vie économique.



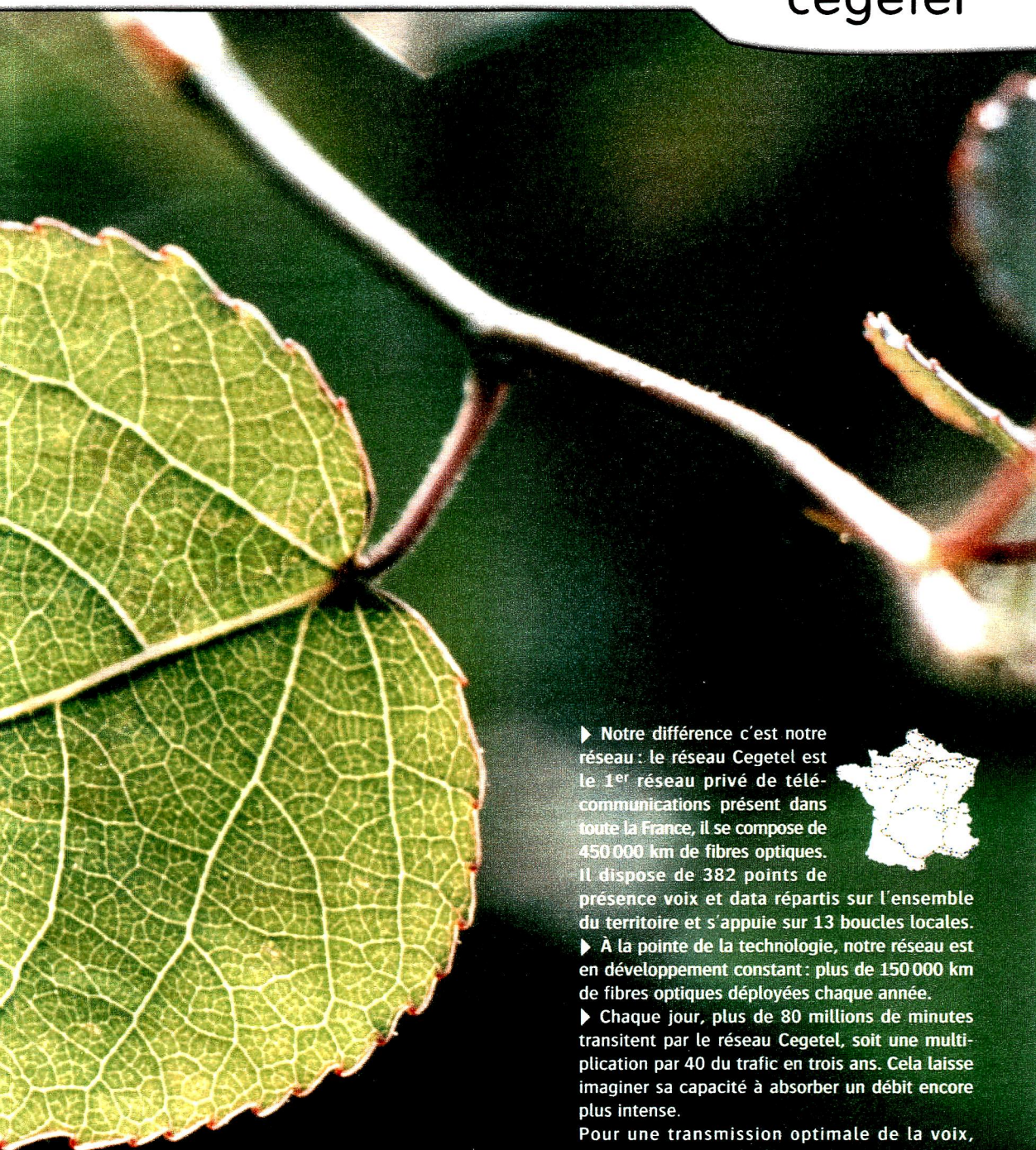
Cegetel vous fait bénéficier  
d'un réseau de 450 000 km  
de fibres optiques présent  
dans toute la France.







cegetel



► Notre différence c'est notre réseau : le réseau Cegetel est le 1<sup>er</sup> réseau privé de télécommunications présent dans toute la France, il se compose de 450 000 km de fibres optiques. Il dispose de 382 points de présence voix et data répartis sur l'ensemble du territoire et s'appuie sur 13 boucles locales.



► A la pointe de la technologie, notre réseau est en développement constant : plus de 150 000 km de fibres optiques déployées chaque année.

► Chaque jour, plus de 80 millions de minutes transitent par le réseau Cegetel, soit une multiplication par 40 du trafic en trois ans. Cela laisse imaginer sa capacité à absorber un débit encore plus intense.

Pour une transmission optimale de la voix, des données et de l'image via un réseau de haute qualité entièrement sécurisé,

 **MOT DE PASSE : CEGETEL.**



Le SkyCat pourrait transporter 1 500 hommes de troupe et leur matériel à 200 km/h et atterrir sur un plan d'eau (en médaillon).

# Un dirigeable géant

Une société britannique projette de construire un dirigeable géant capable de transporter 1 000 tonnes de charge utile. Les militaires américains sont d'ores et déjà intéressés.

**P**ropulsé par deux moteurs à hélice carénée, le SkyCat 1000 glisse silencieusement dans les airs à près de 200 km/h. Son enveloppe auto-obturante est à l'épreuve des balles (elle se referme toute seule après le passage du projectile) et revêtue d'un matériau furtif antiradar. Le groupe industriel britannique Advanced Technologies Group (ATG) vient d'annoncer officiellement son intention de construire un tel engin. Les plans de ce géant de 330 mètres de long sont déjà prêts. Le ministère de la Défense américain s'est montré intéressé, estimant que l'engin conviendrait au transport de troupes (1 500 soldats et leur équipement) ou de



SIPA

matériel militaire (seize tanks) sur de longues distances. Le SkyCat 1000 est en effet doté d'une autonomie de 7 400 km, suffisante pour franchir les océans. Grâce à un système à coussin d'air, il pourrait atterrir sur n'importe quelle surface, y compris sur un plan d'eau. La construction de ce dirigeable sera précédée de celle de deux modèles plus petits, le SkyCat 20 et le SkyCat 200, déjà en cours de réalisation.



## LOCALISATION

### Le GPS suit les tuyaux

Installé sur des pelleteuses, un GPS (système de positionnement par satellite) pourrait déclencher une alarme au cas où l'engin s'approche dangereusement d'une conduite de gaz. Le dispositif expérimenté par Gaz de France (GDF) à Verneuil-sur-Seine (Yvelines), devrait être mis en pratique d'ici à cinq ans, indique Jérôme Dezobry, chef du projet à la direction de la recherche de GDF. Le GPS utilisé serait de type "différentiel" : non seulement il capte les indications fournies par les satellites, précises à quelques mètres près, mais aussi celles données par une balise au sol, dont on connaît parfaitement la position. Le positionnement est ainsi amélioré, atteignant une précision de quelques centimètres. Grâce à un logiciel qui fournit des cartes sur lesquelles les canalisations sont répertoriées, on peut déterminer si la pelleteuse est à proximité d'une conduite de gaz. Le même type de GPS est utilisé dans les systèmes installés à bord des avions commerciaux pour effectuer des atterrissages sans visibilité.

## IDENTIFICATION

### Empreintes clignotantes

Sur les lieux d'un crime, les policiers ont souvent du mal à trouver les empreintes ou les preuves qui subsistent sous forme de substances organiques (urine, sang, sueur, salive, sperme...). Le système mis au point par des chercheurs américains des Sandia National Laboratories devrait les y aider. Il s'agit d'une lampe qui émet une centaine de flashes par seconde. Cette succession d'éclairs rend faiblement fluorescentes les substances organiques, telles que celles laissées par les empreintes digitales. Pour les détecter, l'enquêteur porte des lunettes spéciales, dérivées de celles utilisées dans certains jeux vidéo. Ces lunettes sont munies de volets obturateurs qui s'ouvrent et se ferment à une fréquence légèrement différente de celle des éclairs. Le porteur des lunettes voit ainsi les lieux normalement



Soumises à une succession rapide d'éclairs, les empreintes deviennent fluorescentes.

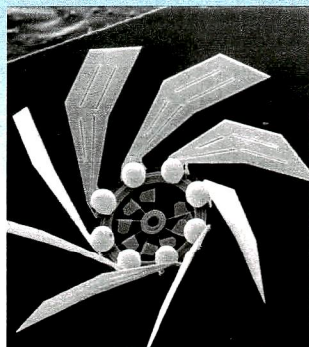
éclairés, mais les traces de substances organiques clignotent, ce qui lui permet de les repérer plus facilement.

## NANOTECHNOLOGIES

### UN VENTILATEUR DE LA TAILLE D'UN GRAIN DE SABLE

■ Déposé à la surface d'une puce de silicium, ce ventilateur est composé de minuscules pièces métalliques. Les huit pales, d'un demi-millimètre de long, tournent à la vitesse de 180 tours par minute. C'est une idée d'une équipe de l'université du Colorado pour refroidir nos ordinateurs et remplacer les gros et bruyants ventilateurs !

D. G.



KLADITS/UNI-COLORADO AT BOULDER



## VISION

# La réalité virtuelle au secours du chirurgien

« Les rayons lumineux frappent directement la rétine et permettent de visionner des images en couleur ». Le casque développé par Microvision a été déclaré conforme aux règles de sécurité visuelle par l'American National Standards Association. Il permet d'évoluer dans un monde où se superposent images virtuelles et images réelles. Chose impossible avec un casque de réalité virtuelle classique, qui n'intègre pas d'images réelles. Cet été, les chirurgiens d'une clinique de Cleveland, aux Etats-Unis, vont être les premiers à tester ce système. Ils verront en images de synthèse les organes qu'ils sont en train d'opérer. Les organes auront été préalablement numérisés en images 3D à

partir d'une série de scanners. L'intérêt est de pouvoir superposer ces images très détaillées à la réalité afin d'affiner l'acte chirurgical.

D. G.



MICROVISION

## AUTOMOBILE

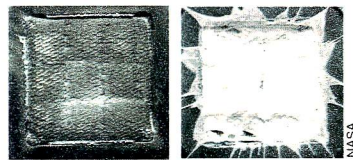
## LES VOLEURS TRAQUÉS

■ La Gendarmerie nationale a commencé de s'équiper d'un système de détection qui permet de repérer les voitures volées et de les intercepter. En cas de vol, signalé aux autorités, les véhicules dotés de l'émetteur adéquat (une puce électronique) sont repérés grâce à une fréquence VHF capable de franchir murs et autres obstacles dans un rayon d'une dizaine de kilomètres. Le "Traqueur" installé dans les véhicules des autorités fournit à

la fois la direction de l'émission et la distance de l'émetteur. Depuis 1993, quelque 300 000 véhicules ont été équipés de ce système en Grande-Bretagne. Plus de 6 000 ont été retrouvés, soit 95 % des véhicules dérobés. Le système est fabriqué sous licence en France par la société du même nom et, d'ici à 2002, près de 800 détecteurs devraient être installés sur des véhicules de la Gendarmerie.

## PROTECTION THERMIQUE

## Une feuille de céramique



NASA

Mis au point par la NASA, cet isolant s'enduit avec un pinceau.

Pas plus épais qu'une feuille de papier, un revêtement à base de céramique pourrait servir à protéger voitures, bateaux, ou bâtiments d'habitation d'une chaleur intense (lors d'un incendie, par exemple). Ce matériau, mis au point par le centre de recherches de la NASA a été conçu pour protéger les vaisseaux spatiaux lors de leur rentrée dans l'atmosphère terrestre, qui peut provoquer une élévation de température de plusieurs milliers de degrés. Baptisé PCC, pour Protective Ceramic Coating, il isole le matériau sur lequel il est fixé, grâce à sa propriété de renvoyer la quasi-totalité de la chaleur qu'il reçoit, sans subir de dégradation. La NASA a cédé la licence du PCC à la compagnie Wessex, Inc. qui est chargée de le commercialiser. Autre avantage pratique du PCC: il peut être enduit sur n'importe quel support à l'aide d'un simple pinceau ou d'un pistolet à peindre.

A participé à cette rubrique:  
David Groison.



A DIEU

N-FIN

S<sub>1</sub> C<sub>3</sub> R<sub>1</sub> A<sub>1</sub> B<sub>3</sub> B<sub>3</sub> L<sub>1</sub> E<sub>1</sub>

Chacun a son mot à dire.

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

Scrabble

La marque et les jetons-lettres Scrabble sont des éléments protégés par J.W. Spear and Sons PLC et concédés à MATTEL FRANCE.



## MATÉRIAUX

### Le premier supraconducteur en plastique

Cela fait vingt ans que les chercheurs du monde entier testent des formules, des modes opératoires et des molécules afin d'obtenir un polymère supraconducteur. Et ce sont les chercheurs Christian Kloc, Zhenan Bao et Ananth Dodabalapur des laboratoires Bell qui y sont arrivés. Pour réaliser cette prouesse, ils n'ont pas utilisé de dopants afin d'arracher les électrons au substrat. Ils ont utilisé un polymère de structure particulière, le polythiophène, qu'ils ont déposé en couche mince sur un substrat d'alumine ou d'or. Le résultat forme un transistor à effet de champ. En dessous de 4 de-



BELL LAB

grés Kelvin ( $-270^{\circ}\text{C}$ ), les électrons sont arrachés du polymère, qui devient conducteur d'électricité, puis supraconducteur (il conduit l'électricité sans perte d'énergie et sans dissiper de chaleur). « Si l'on modifie la structure de la molécule, et que l'on ajou-

Les chercheurs des laboratoires Bell qui ont mis au point le premier polymère supraconducteur.

te des impuretés, il est possible d'en améliorer les performances », commente Zhenan Bao. On obtiendra alors un supraconducteur à prix réduit. D. G.

## Bulletin d'abonnement à SCIENCE & VIE

à retourner sous pli affranchi avec votre règlement à SCIENCE & VIE 1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris Cedex 15



12 mensuels + 4 hors série  
trimestriels de SCIENCE & VIE  
+ en cadeau la réédition  
du N°1 de LA SCIENCE ET LA VIE

315 francs  
seulement

Oui

je m'abonne 1 an à SCIENCE & VIE  
et à ses hors série, soit 12 mensuels + 4  
trimestriels thématiques.

Je recevrai en cadeau de bienvenue la réédition du N°1  
de LA SCIENCE ET LA VIE \*.

● je règle la somme de 315 francs seulement au lieu de 376 francs\*\*  
soit plus de 16 % de réduction

Nom \_\_\_\_\_

Prénom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Code postal \_\_\_\_\_

Ville \_\_\_\_\_

Tél. \_\_\_\_\_

E-mail \_\_\_\_\_

Je choisis de régler par :

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

☐ carte bancaire

N° \_\_\_\_\_

expire à fin \_\_\_\_\_ mois \_\_\_\_\_ année

Date et signature obligatoires

\* délai de réception de 3 à 4 semaines à  
partir du règlement de votre abonnement et  
dans la limite des stocks disponibles.  
\*\* au lieu de 376 F prix de vente des  
magazines chez votre marchand de journaux.

OFFRE VALABLE JUSQU'À FIN 2001 ET RÉSERVÉE À LA FRANCE METROPOLITAINE.  
Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au 01 46 48 47 08

Conformément à la loi Informatique et Libertés du 06/01/1978, vous disposez d'un droit d'accès aux données personnelles vous concernant. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres sociétés ou associations. Si vous ne le souhaitez pas, il vous suffit de nous écrire en nous indiquant vos nom, prénom, adresse et, si possible, votre référence client.



l'innovation naît toujours d'une rencontre



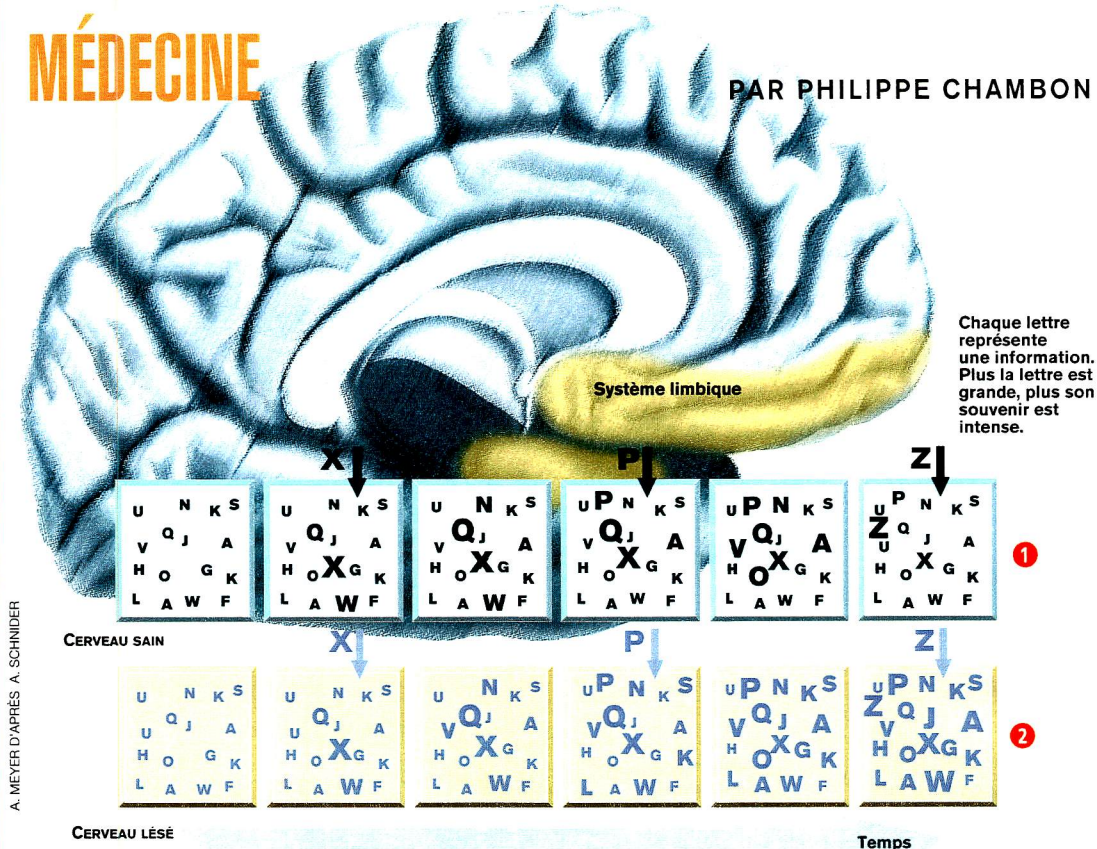
DBS & Co

Rencontre entre la matière et le talent. Rencontre aussi, entre la volonté d'innover et celle de respecter la vie, prodige d'inventivité. Rencontre de compétences enfin, entre Elf Atochem et la chimie de TotalFina, pour créer le 5<sup>e</sup> chimiste mondial. [www.atofina.com](http://www.atofina.com)



**ATOFINA**





# La mémoire en berne

**Certaines personnes sont incapables de dater leurs souvenirs et considèrent qu'ils appartiennent au présent. On vient de découvrir la cause de ce trouble étrange.**

Chez un individu sain, toute information est intégrée et associée aux souvenirs. Quand une nouvelle information apparaît, les anciennes associations s'estompent ①. Si le système limbique est lésé, les associations perdurent, créant une confusion entre le passé et le présent ②.

une lésion de la partie antérieure du système limbique, celle-ci pouvant résulter d'une rupture d'anévrisme ou d'un traumatisme survenus dans la région du cerveau située au-dessus des yeux. Il en a conclu que le système limbique antérieur permettait à la pensée de se situer par rapport au présent. Après une période qui peut durer des semaines ou des mois, selon l'importance de la lésion, les patients cessent de confabuler. Les parties saines du système limbique antérieur compensent les parties lésées. Seule une neuro-rééducation permet d'accélérer la guérison.

P. R. et M.-E. B.-M.

« Une femme d'âge mûr insiste pour rentrer chez elle, car elle doit impérativement allaiter son bébé... » La situation serait plausible si le bébé n'avait pas... plus de 30 ans ! Cet exemple illustre un trouble cérébral connu sous le nom de confabulation spontanée. Les patients vivent leurs souvenirs comme si ceux-ci appartenaient au présent : leur esprit est

submergé d'images du passé. La cause de ce trouble restait inconnue, jusqu'aux travaux d'un chercheur suisse, Armin Schnider de l'hôpital universitaire de Genève. A l'aide de tests mnésiques, Schnider est parvenu à démontrer que ces personnes sont incapables de "ranger" leurs souvenirs, une fois ceux-ci ramenés à la conscience.

Schnider a également montré qu'elles ont toutes en commun

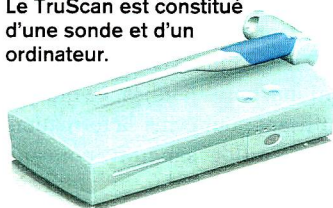


## CANCÉROLOGIE

# Un diagnostic rapide du col

En une seconde, le TruScan établit un diagnostic: le col de l'utérus est sain, précancéreux ou cancéreux. Commercialisé par la société australienne Polartechnics, l'appareil, composé d'une sonde et d'un ordinateur, sera disponible en Europe l'année prochaine. La sonde émet des ondes lumineuses et des vibrations électriques sur le col, puis en recueille les échos. L'ordinateur les compare à sa "bibliothèque"

Le TruScan est constitué d'une sonde et d'un ordinateur.



de "signatures" de tissus cancéreux et précancéreux. « Notre prototype permet de détecter 20 % des cas qui échappent au diagnostic par frottis », souligne Victor Skladnev, de la société Polartechnics. Cependant, la combinaison d'un frottis au test de détection donne des résultats beaucoup plus fiables. L'attrait du TruScan est de proposer un premier diagnostic immédiat, accessible aux médecins généralistes, évitant ainsi le stress de l'attente des résultats.

C. P.

Porcelets transgéniques : vers le clonage d'animaux destinés aux xénogreffes.



PPL THERAPEUTICS

## TRANSPLANTATION

# Clonage et xénogreffe

En avril dernier, la société britannique PPL Therapeutics, qui est à l'origine de Dolly, la première brebis clonée, en 1997, a annoncé le clonage de cinq porcelets transgéniques. Même si le gène n'a été introduit que pour vérifier l'efficacité du transfert, cette première mondiale est une étape vers le clonage d'animaux destinés aux xénogreffes (greffe d'organes d'une espèce à une autre).

Grâce à la transgénèse, on pourrait inactiver des éléments caractéristiques du porc qui seraient susceptibles d'entraîner une réaction immunologique violente. Cette technique permettrait également d'inhiber des gènes de rétrovirus intégrés dans les cellules de l'animal, le risque d'infection du receveur par des virus inconnus restant le principal frein aux xénogreffes.

C. P.

## SANTÉ PUBLIQUE

# L'OMS LUTTE CONTRE LE BRUIT

■ Plus de la moitié des Européens vit dans un milieu bruyant. Le niveau sonore nocturne perturbe le sommeil d'un tiers d'entre eux. En général, dans les pays industrialisés, de 12 à 15 % des personnes actives sont exposées à des niveaux de bruit dangereux pour l'audition (plus de 85 décibels). En 1990, aux Etats-Unis, environ 30 millions de personnes étaient exposées à un bruit supérieur à 85 dB, contre plus de 9 millions en

1981. Pour l'Organisation mondiale de la santé, cette situation devient préoccupante. Le bruit ne cause pas seulement des atteintes auditives invalidantes, il est aussi responsable d'hypertension, de crises cardiaques, de symptômes psychiatriques et de problèmes de concentration et de mémoire. L'OMS publie des "Lignes directrices pour la lutte contre le bruit ambiant" que l'on peut se procurer sur son site internet ([www.who.int](http://www.who.int)).



# MÉDECINE

## GALÉNIQUE

### La fin des piqûres?

Une nouvelle technique permet d'obtenir les substances médicamenteuses en particules si fines qu'elles peuvent passer dans le sang lors des échanges gazeux pulmonaires. Ainsi, plus besoin de les injecter, une simple inhalation suffit. Présentée lors de l'édition 2001 du Festival des sciences d'Edimbourg, la technique fonctionne particulièrement bien avec les protéines, ce qui laisse espérer la commercialisation d'un inhalateur d'insuline pour les diabétiques.

C. P.

## PSYCHIATRIE

### Virus et schizophrénie

Après les facteurs génétiques, voici qu'un virus serait impliqué dans la schizophrénie. Une équipe du Johns Hopkins School of Medicine, à Baltimore, a découvert dans le liquide céphalo-rachidien de dix schizophrènes (sur trente-cinq testés) des séquences géniques similaires à celles de HERV, un rétrovirus associé à des maladies telles que la sclérose en plaques, le diabète ou l'arthrite auto-immune. Le mode d'action de ces séquences est encore mal connu.

P. R.



Des ballons masseurs sont glissés dans les chaussettes.

## PHLÉBOLOGIE

### Paire de chaussettes anti-thromboses

Lors d'une station assise prolongée dans une atmosphère de basse pression expose les passagers des vols aériens de longue durée à un risque élevé de thrombose veineuse. Forte d'une expérience de vingt-cinq ans en soins intensifs, Hilary Turnock, une ex-infirmière britannique reconvertie au design de mode, a

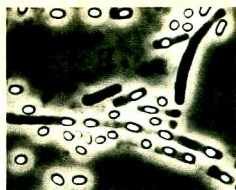
inventé un dispositif constitué de ballons masseurs, à glisser dans ses chaussettes. Grâce à un mécanisme simple, les ballons se gonflent et se dégonflent, reproduisant un mouvement de vague qui masse les jambes, ce qui est suffisant pour éviter la formation d'un caillot sanguin pouvant être fatal.

C. P.

## BACTÉRIOLOGIE

### LE CHARBON NEUTRALISÉ

■ C'est l'arme bactériologique la plus redoutable : un seul gramme de spores du bacille du charbon pourrait suffire à éliminer un



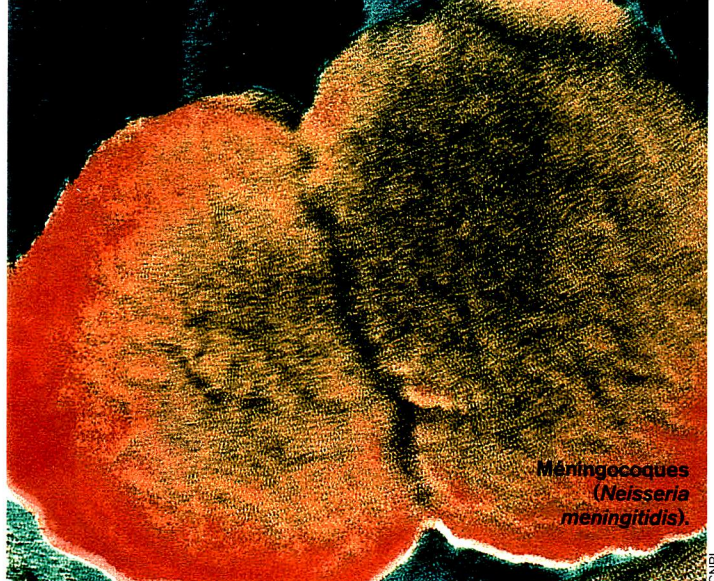
tiers de la population des Etats-Unis. L'inhalation des spores de cette bactérie provoque une infection pulmonaire qui conduit en quelques jours à la mort. Une équipe de chercheurs de Harvard est parvenue à sauver des rats de l'intoxication mortelle. La toxine produite par *Bacillus anthracis* est composée de trois

protéines, qui s'associent dans l'organisme pour tuer ses cellules. Or, si l'on injecte en même temps une forme modifiée de

l'une de ces protéines de telle sorte qu'elle s'associe aux deux autres, le processus d'infection est bloqué. Cette avancée prometteuse soulève cependant des interrogations : ces résultats sont-ils transposables à l'homme ? Combien de temps après l'intoxication l'antidote est-il efficace ?

A. D.





Méningocoques  
(*Neisseria meningitidis*).

## VACCINOLOGIE

# Vaincre la méningite

Invincible, la méningite? Jusqu'à présent, il était impossible de vacciner efficacement contre le méningocoque B, impliqué en France dans 70 % des cas de méningite et qui sévit en Afrique subsaharienne de façon endémique. Cette bactérie mute en permanence et leurre ainsi notre système immunitaire. De plus, certains de ses constituants ressemblent à s'y méprendre à des molécules présentes dans notre cerveau. Les laboratoires américains Baxter ont mis au point un vaccin qui devrait être commercialisé en 2005. « Un vac-

cin dit conjugué, précise le Dr Peter Fusco: les polysaccharides du méningocoque – des sucres de l'enveloppe de la bactérie – sont en effet liés à une protéine antigène. » Résultat: une stimulation du système immunitaire, y compris chez les nourrissons, et la production d'anticorps qui devraient être suffisamment spécifiques pour ne pas s'attaquer au cerveau. La réaction contre le système nerveux pourrait en effet se manifester chez les fœtus des femmes vaccinées, la barrière de protection de leur cerveau étant plus perméable. C. P.

## OPHTALMOLOGIE

# GARE AU VIRUS DE L'HERPÈS

■ On soupçonnait que le virus de l'herpès de type 1 (HSV1) peut être transmis par le biais d'une greffe de cornée. Le fait vient d'être établi chez un homme de 28 ans atteint d'un glaucome congénital. Or, quand il est présent dans la cornée, le HSV1 est à l'origine de lésions bucco-faciales qui conduisent à

la perte de l'œil. Confirmée par une équipe néerlandaise, la connaissance de ce mode de transmission oblige donc désormais à s'assurer de l'absence du virus dans le greffon. Et, au cas où il serait présent, une prophylaxie par l'aciclovir devra être envisagée. P. R.

## PNEUMOLOGIE

# IRM des poumons

Observer en direct l'activité des poumons était jusqu'à présent impossible. Mais grâce à une nouvelle technique d'imagerie médicale, l'IRM à l'hélium 3 hyperpolarisé, une petite révolution en pneumologie se prépare. L'IRM traditionnelle (imagerie par résonance magnétique) repose sur la propriété des protons (les noyaux d'hydrogène) de résonner lorsqu'ils sont soumis un champ magnétique important. Cette résonance permet de détecter les variations de concentration en molécules d'eau (porteuses de deux protons chacune), et de produire des images de la plupart des tissus de l'organisme, sauf des poumons, pauvres en eau. Une équipe britannique de Sheffield a fait inhaler au patient un gaz non toxique, de l'hélium 3, dont la polarisation a été préalablement augmentée. Ils ont ainsi pu observer la circulation du gaz dans les poumons et détecter les anomalies de la ventilation. A. D.

Ont collaboré  
à cette rubrique :

Marie-Eve Brosseau-Martel,  
Anne Debroise, Clara Delpas  
et Pierre Rossion.



# Les Français verront-ils naître les premières étoiles ?

Les astronomes rêvent d'assister à la naissance des plus anciennes galaxies. Pour y parvenir, les Français veulent construire le plus puissant télescope du monde, doté d'un miroir de 25 mètres de diamètre.

**L**es astronomes aiment l'obscurité de la nuit, cette douce complicité avec les étoiles, les galaxies et les lointains quasars qu'ils tentent d'apprivoiser, dans le silence de leurs observatoires de haute montagne. Mais à Lyon, ce 1<sup>er</sup> juin, à l'occasion de la tenue du « Comité des utilisateurs » du télescope Canada-France-Hawaii (CFHT), l'un des fleurons de l'astronomie contemporaine, c'est loin des étoiles, dans la pénombre d'une salle de conférence, que s'est peut-être jouée la genèse du futur plus grand télescope du monde.

Eh oui... à peine viennent-ils de mettre en service leur dernier ins-

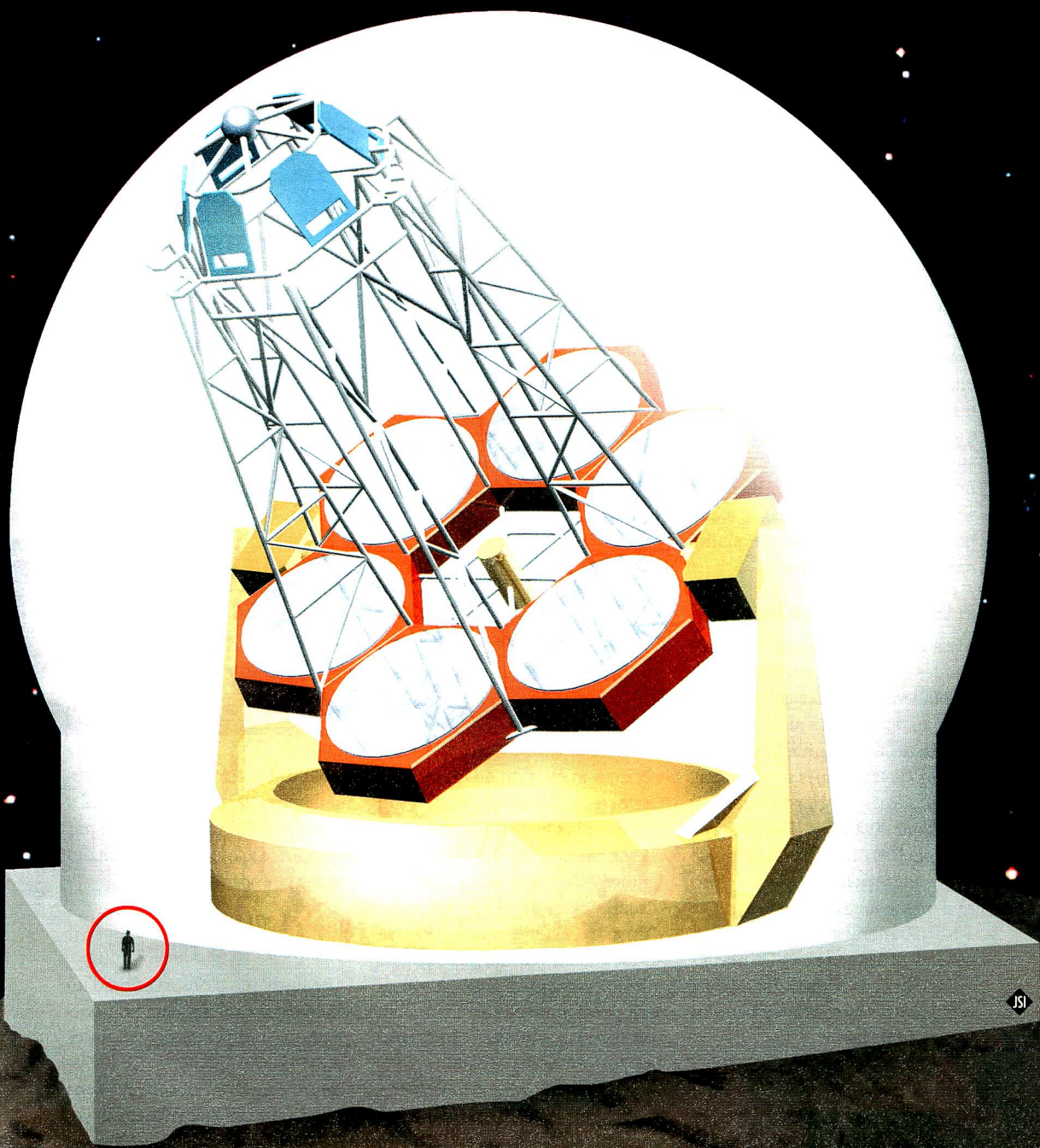
trument d'astronomie, le télescope européen VLT (voir *Science & Vie* n°1005, p. 78) que les guetteurs d'étoiles rêvent déjà à leur prochain joujou. Au fond, ce n'est pas si surprenant, d'une part parce que si chaque nouvelle génération d'instruments permet aux chercheurs de régler un problème d'astrophysique, elle laisse aussi entrevoir un nouvel horizon d'observation où les astres sont trop pâles, trop flous, trop lointains... De nouvelles énigmes que seuls des télescopes 2, 4 ou 10 fois plus grand permettront de résoudre.

Bien qu'en deux décennies, le télescope CFHT ait accumulé nombre de découvertes (voir en-

## Un œil de géant

Dans le projet de télescope franco-canadien d'Hawaii, six miroirs de 6,5 m reconstituent un miroir de 25 m de diamètre. La configuration optique est unique, car la lumière atteint directement les miroirs, sans rencontrer de pièce intermédiaire, contrairement aux autres télescopes. Les exoplanètes seront alors à la portée des astronomes.







cadre p. 48), les instituts scientifiques français, canadien et hawaïen qui gèrent le télescope n'envisagent pas de poursuivre son exploitation, qui coûte près de 6 millions d'euros par an, au-delà de 2008. En revanche, la concession du sommet du Mauna Kea à la société du CFHT court jusqu'en 2033. On comprend ainsi la passion et la tension qui régnaient ce 1<sup>er</sup> juin à Lyon : les instances scientifiques nationales doivent d'ores et déjà étudier les différentes options quant à l'avenir du merveilleux « spot » astronomique d'Hawaïi. Personne ne peut imaginer que soit choisie la solution la plus radicale : fermer la coupole du télescope, abandonner le site, dissoudre la société du CFHT. Pour Jean-Charles Cuillandre, spécialiste de l'imagerie astronomique, « A Hawaïi, la France et le Canada ont la chance de bénéficier du meilleur site de la planète, nous pensons qu'il faut installer sur la montagne un télescope à la hauteur, c'est-à-dire d'une qualité optique exceptionnelle. »

## PLUS FORT QUE HUBBLE

Les engins futuristes imaginés par les équipes d'astronomes et d'opticiens de la société CFHT visent justement à exploiter le ciel de cristal du Mauna Kea. Trois projets de télescopes sont en lice, tous équipés de miroirs géants, mesurant 20 à 25 m de diamètre ! Comme il est hors de question de couler et de polir des blocs de verre d'une telle taille, ces projets de « Next Generation Canada-France-Hawaïi Telescope (NGCFHT) » ont été conçus à partir de miroirs segmentés, moins coûteux et plus faciles à fabriquer.

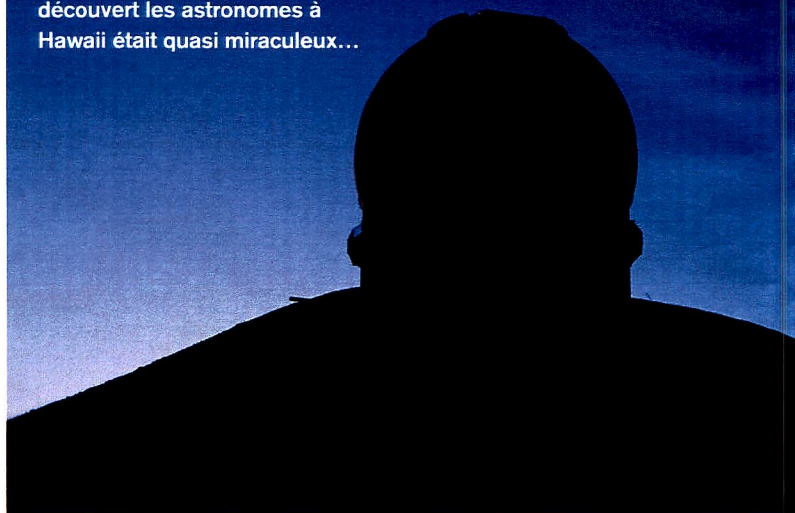
Les concepteurs du NGCFHT veulent provoquer une véritable rupture technologique avec les géants de la génération actuelle (une douzaine de télescopes de

6,5 m, 8 m et 10 m de diamètre). Or, le cœur d'un télescope, c'est son miroir : plus le diamètre de celui-ci est grand, plus la « résolution angulaire » c'est-à-dire la capacité à discerner des détails à la surface d'un astre, est importante. Plus la surface du miroir – ou du réseau de miroirs – est importante, plus le télescope est lumineux, et plus il peut voir des astres faibles et lointains. Les performances attendues pour le NGCFHT donnent le tournis : sa résolution sera dix fois meilleure que celle de Hubble, et il pourra percevoir des astres cent fois plus

## HAWAII, LE MEILLEUR SITE

■ L'engin que les Français et les Canadiens ont installé voici vingt ans au sommet du volcan Mauna Kea, à Hawaïi, a été longtemps considéré comme le meilleur instrument d'astronomie. Pas tellement pour sa puissance optique (le CFHT est équipé d'un miroir de 3,6 m de diamètre alors que les plus grands télescopes de l'époque mesuraient déjà entre 4 et 6 m) mais surtout parce que le site qu'avaient découvert les astronomes à Hawaïi était quasi miraculeux...

Les performances d'un télescope, en effet, sont le résultat d'un subtil dosage entre les qualités techniques de l'instrument et celles du site où il est érigé. En gros, installer un télescope géant dans un mauvais site, c'est un peu comme fait rouler une Formule 1 sur les pistes du Paris-Dakar. A 4200 m d'altitude, à Hawaïi, les astronomes ont découvert le paradis : des nuits claires plus de neuf



faibles que ceux que peut voir actuellement le télescope spatial ! Pointé vers la planète Mars, par exemple, le télescope percevrait des détails de l'ordre de 1 km !

## UNE MACHINE À REMONTER LE TEMPS

Le domaine d'observation d'un tel engin est vertigineux ; il pourra photographier directement les centaines d'exoplanètes que les astronomes auront découvert dans la décennie qui vient. Mieux encore, le NGCFHT pourra probablement analyser les composants at-



## DE LA PLANÈTE

mois sur douze, un air calme, très peu turbulent et surtout une atmosphère d'une transparence « quasi spatiale ». Le plus surprenant, c'est que, sur la planète entière, les « spots » comparables au Mauna Kea sont rarissimes ; dans l'hémisphère nord, les astronomes n'ont pas trouvé mieux. Du coup, le gigantesque volcan bouclier hawaïen est assailli par les astronomes depuis une vingtaine d'années : on y compte aujourd'hui plus d'une douzaine d'instruments, dont les trois plus grands télescopes du monde ! Seulement, les Français et les Canadiens, arrivés les premiers, ont été les mieux

servis. Comme l'explique l'ancien directeur de l'observatoire, Pierre Couturier « Le CFHT a bénéficié d'une étude de site très minutieuse, à une époque, les années 1970, où le Mauna Kea était presque désert. Résultat : l'instrument, installé à l'extrémité nord de la crête de la montagne, face aux vents dominants, se trouve sur le meilleur site de tout l'observatoire ». Depuis, tous les astronomes du monde lorgnent avec envie sur le sommet occupé par le télescope franco-canadien d'Hawaii.

successeur de Hubble, le New Generation Space Telescope (NGST) prévu à l'origine pour être équipé d'un miroir de 8 m et quitter la Terre en 2007, ne mesurera, restrictions budgétaires obligent, que 6,5 m. L'engin sera par ailleurs installé dans l'espace avec un peu de retard, en 2010 seulement. De quoi relancer vigoureusement « la course au diamètre » sur Terre. Car évidemment, même en observant le ciel parfait – sans atmosphère – de l'espace, un télescope spatial de 6,5 m ne peut pas rivaliser avec un géant de 25 m installé sur Terre. Équipé d'une d'optique adaptative corrigeant les défauts de l'atmosphère, le NGCFHT présentera une résolution quatre fois

## Photographier des exoplanètes

supérieure au « super Hubble » ! Enfin, il y a un abîme entre le coût du futur télescope spatial, 1 milliard d'euros, et celui du NGCFHT. Selon l'actuel directeur canadien du CFHT, Gregory Fahlman : « Nous estimons le coût total du projet entre 100 et 150 millions d'euros. Il est fort probable que d'autres partenaires internationaux vont s'intéresser à notre télescope géant. Nous entretenons déjà de très bons rapports avec la Corée et Taiwan que nous associons aujourd'hui à la gestion et au développement du télescope. D'autres pays pourraient se déclarer dans l'avenir. »

### DÉCISION EN 2003

Présente à Lyon, Geneviève Debouzy, Directrice de l'Institut National des Sciences de l'Univers (INSU), a pris acte de la demande pressante des astronomes pour un télescope géant, mais prudemment appelé que les priorités ac-

mosphériques des plus proches de ces nouveaux mondes.

Mais c'est surtout dans le domaine de la cosmologie qu'un tel instrument pourra s'exprimer. Capable de percevoir des astres de magnitude 35 – mille milliards de fois plus faibles que la plus pâle étoile visible à l'œil nu ! – le NGCFHT sera une véritable machine à remonter dans le temps permettant aux astronomes d'aller visiter les parages du big bang, ce point singulier de l'espace et du temps à l'origine de notre Univers. Le télescope pourra enfin s'atteler

aux questions les plus brûlantes : comment, à partir du fluide dense et homogène du big bang, se sont formées les galaxies ? Quand, et comment, sont nées les toutes premières étoiles ?

On conçoit que les astronomes français, canadiens et leurs collègues hawaïens attendent impatiemment le feu vert des politiques pour la construction de leur nouveau télescope. D'autant qu'un petit coup de pouce du destin pourrait précipiter la naissance du géant. La Nasa, en effet, a annoncé voici quelques semaines que le





## UN TÉLESCOPE TERRESTRE, DES PERFORMANCES SPATIALES

■ Mis en service en 1980, le télescope Canada-France-Hawaïi, installé au sommet du Mauna Kea, est géré par la société internationale CFHT financée à 42,5 % par le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) français, à 42,5 % par le Conseil National de Recherches du Canada (CNRC) et à 15 % par l'University of Hawaii (UH) qui se partagent selon le même pourcentage le temps d'observation au télescope. Celui-ci, malgré son diamètre relativement modeste de 3,6 m, a très vite été reconnu comme le meilleur instrument

d'astronomie de sa génération, la qualité de ses images égalant même, ces dernières années, celles obtenues par le télescope spatial Hubble ! L'instrument, en effet, est doté d'une optique adaptative, un système opto-électronique équipé d'un miroir souple capable de corriger en temps réel les remous de l'atmosphère. Le télescope CFHT a réalisé quelques-unes des observations cosmologiques les plus importantes des années 1990 : on lui doit, entre autres, la découverte des arcs gravitationnels dans les amas

de galaxies, les premières mesures de la désormais célèbre « énergie du vide » et la première carte tridimensionnelle de l'Univers. En 2002, le télescope sera équipé de la plus grande caméra électronique du monde, Megacam, comptant 360 millions de pixels. En une seule pose de quelques heures, le télescope enregistrera l'image de près de deux millions de galaxies !

Le CFHT rivalise avec Hubble comme en témoignent ces deux portraits de la Nébuluse de la tête de Cheval. Le champ offert par le CFHT est en outre 500 fois plus grand.

tuelles de l'astronomie française sont le VLT européen et le futur projet international Alma, un réseau de radiotélescopes qui sera installé dans la Cordillère des Andes dans une dizaine d'années.

La décision d'arbitrage, concernant la participation française à un futur télescope géant, a été renvoyée à 2003. En fait, une véritable bataille à fleurets mouchés semble s'engager entre les plus grands instituts astronomiques de la planète, pour attirer à eux les partenaires, et donc les fonds né-

cessaires à la construction d'un « supertélescope ». Comme il n'y aura pas de la place pour tout le monde, il est crucial de se lancer au plus vite dans l'arène. Les Américains réfléchissent déjà à des télescopes de 25 à 50 m de diamètre.

### COMPÉTITION DE TITANS

Les Européens de l'ESO, grisés par le succès du VLT, envisagent quant à eux pour les années 2015-2020, un monstre de... 100 m de diamètre. La France, partenaire à

la fois de l'ESO et du CFHT ne pourra probablement pas s'offrir le luxe de deux télescopes géants, sauf si l'intervalle de financement entre les deux instruments est suffisamment long. C'est d'ailleurs bien là le pari des concepteurs du NGCFHT : nouveau venu dans cette compétition de titans, servi par la prestigieuse histoire de son aîné et par un site hors norme, le supertélescope d'Hawaï pourrait bien coiffer tout le monde sur le poteau, en se tournant vers les étoiles au début de la décennie 2010. ■





figure n° 8 - 10 secondes



figure n° 27 - 22 secondes



figure n° 22 - 18 secondes



figure n° 1 - 5 secondes

Le seul monospace compact qui offre 27 façons de passer de 1 à 7 places en quelques secondes.



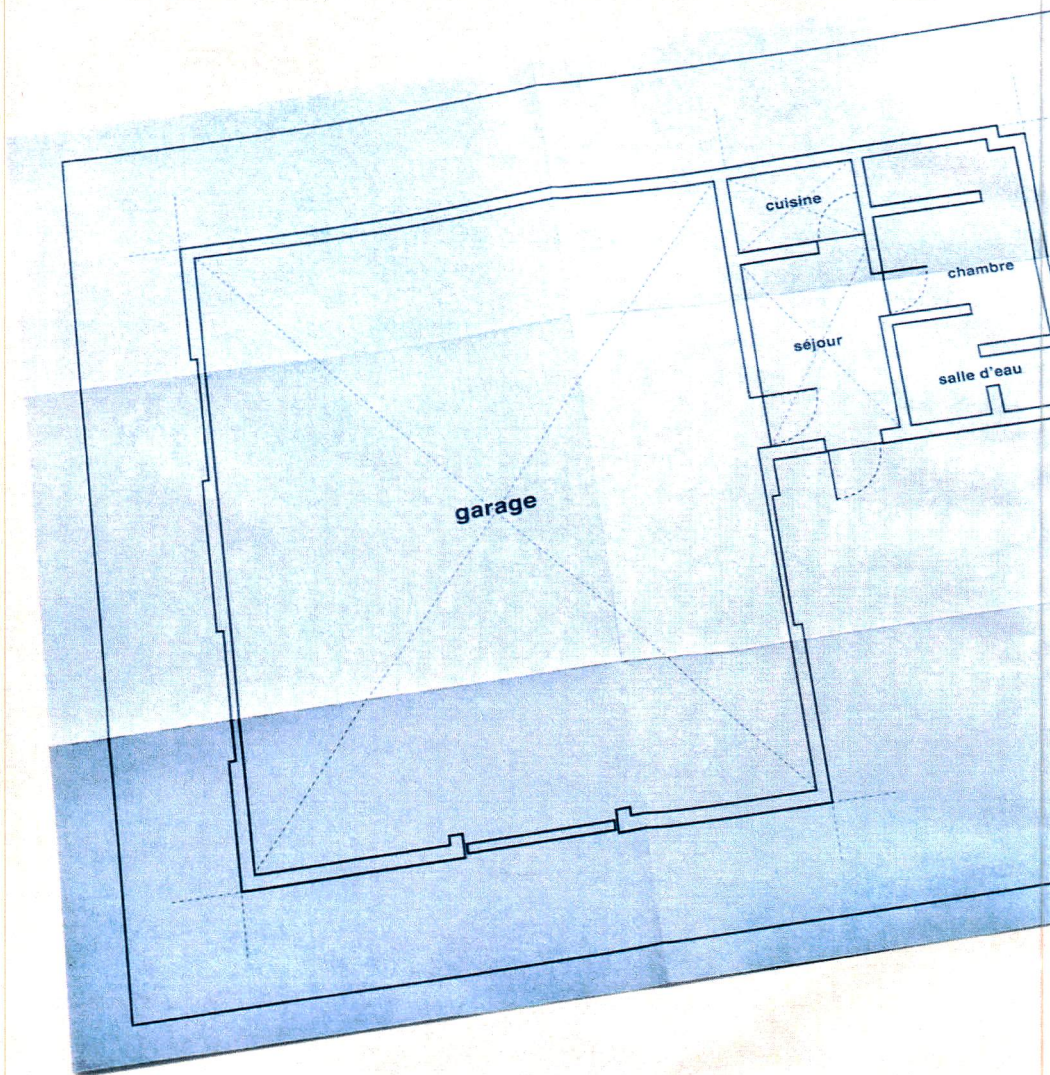
Le système exclusif Flex 7 vous permet de transformer l'intérieur sans avoir à enlever les sièges, en fonction du nombre de personnes que vous transportez ou le volume d'espace dont vous avez besoin. Disponible en motorisations Ecotec de 100 ch à 147 ch et Ecotec DTI 16V 100 ch. Mod. prés. Zafira Elegance 2.2 16V (147 ch / 108 kW) conso (l/100 km) urbaine 12.2 / extra 7 / mixte 8.9 et CO<sub>2</sub> (g/km) 214.

[www.opel.fr](http://www.opel.fr)

**Opel Zafira.** Change aussi vite que vous changez d'envies.

**OPEL**





**Nouvelle BMW Série 3 compact. La voiture que vous allez aimer un tout petit peu trop.**

Raison n°67 pour aimer un tout petit peu trop la nouvelle BMW compact : sa remarquable intelligence. Le hayon arrière peut être ouvert à distance. Son ouverture verticale offre une capacité de chargement



**TABEAU DES SURFACES**

séjour 18,46  
cuisine 6,06  
salle d'eau 6,55  
chambre 15,36

surface totale logement 46,43 m<sup>2</sup>  
surface garage 266,00 m<sup>2</sup>

**SURFACE TOTALE UTILE 312,43 m<sup>2</sup>**

**PROJET / MAISON PARTICULIERE**  
Echelle: 1/100 0,01 pm



Nouvelle BMW  
Serie 3 compact

316ti  
325ti

www.bmw.fr



maximale et les sièges arrière rabattables permettent au coffre de passer de 310 à 1100 litres. Grâce au système "Easy Entry", l'accès aux sièges arrière est rendu très facile.



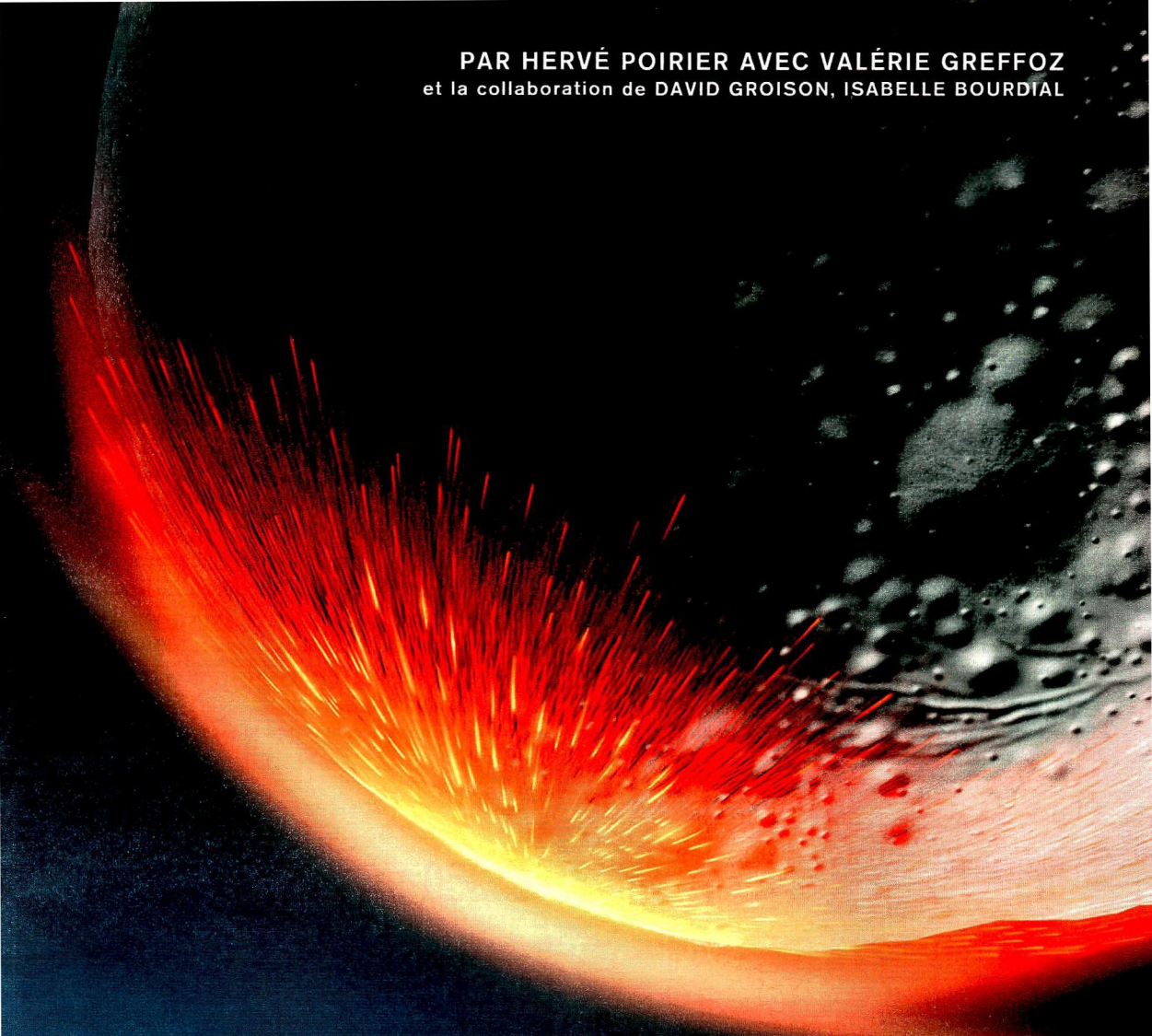
# Astéroïdes

## La menace se précise...

A plusieurs reprises dans l'histoire de la Terre, la vie a failli disparaître. A chaque fois, on soupçonne une collision avec un astéroïde. Nous savons aujourd'hui évaluer le risque. Saurons-nous réagir en conséquence ?







**A** plusieurs centaines de kilomètres au large du Mexique, le 23 avril dernier, une météorite de 5 mètres de diamètre est tombée du ciel au-dessus de l'océan Pacifique. Son explosion à haute altitude dans l'atmosphère a dégagé une énergie équivalente à la moitié de celle de la bombe d'Hiroshima. Si elle avait mesuré 50 mètres, l'explosion aurait été mille fois plus violente, mais elle se serait produite si haut dans le ciel qu'elle n'aurait guère représenté plus de danger... Mais si elle avait mesuré 500 mètres, l'explosion aurait été un million de fois plus violente et aurait déclenché un gigantesque raz-de-marée provoquant la mort de plusieurs centaines de milliers de personnes sur les

côtes américaines et asiatiques. Et si elle avait mesuré 5 kilomètres, son impact, un milliard de fois plus puissant, aurait engendré une apocalypse digne des pires châtiments divins jamais imaginés par l'homme, menaçant d'extinction toute vie à la surface de la Terre. Et si... Et si cela arrivait?

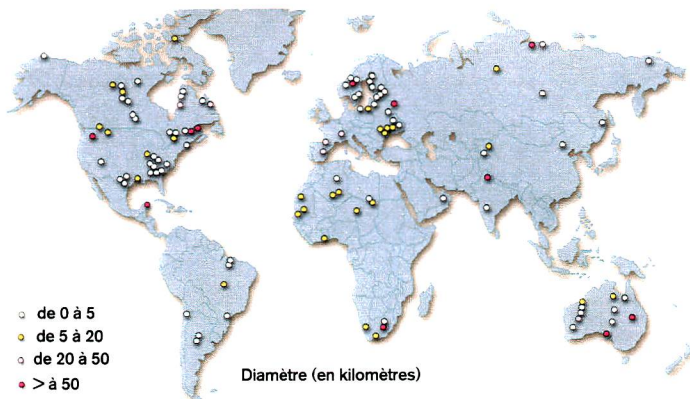
Aujourd'hui, la menace céleste semble tout juste bonne à alimenter les discours de prêcheurs en mal de jugement dernier, les scénarios de films catastrophes tels que *Deep Impact* ou *Armageddon*, ou les magazines en quête de lecteurs qui annoncent régulièrement la chute imminente d'astéroïdes destructeurs. Et pourtant...

Pourtant, l'an dernier, le ministre de la Recherche britannique a commandé un



rapport sur le risque de collision entre des objets venant de l'espace et la Terre. Le rapport préconise de « mettre en place des instances internationales, européennes et nationales, afin que le problème soit étudié et que des décisions soient prises ». Pourtant, un « livre blanc », publié en février dernier par le bureau des études spatiales du Southwest Research Institut de Boulder (Colorado), estime que « la menace d'un impact, bien que celui-ci soit très peu probable, peut créer une telle panique qu'une approche globale des aspects scientifique, technologique et politique doit être mise en place »... Pourtant, Marcello Coradini, coordinateur des missions du système solaire à l'Agence spatiale européenne (ESA) s'évertue à « convaincre tout le monde de la nécessité de prendre le risque en compte ».

Pour nombre de scientifiques, il faut agir, et vite. Mais du côté des politiques, personne ne semble prendre la chose au



## Carte des impacts

Environ 150 grands cratères ont été recensés dans le monde. Formés pour certains il y a plus de 600 millions d'années, il faut souvent chercher leur trace dans les couches géologiques profondes.

sérieux. Le rapport des scientifiques américains donne un exemple édifiant du désintérêt politique pour la question aux Etats-Unis: « Brian Madsen, qui dirige le Minor Center Planet, à Boston, où presque toutes les données astronomiques sont cataloguées, affirmait récemment qu'il ne savait pas qui contacter au gouvernement en cas de risque sérieux d'impact. » Pourtant, dès 1994, le Congrès avait chargé la NASA d'étudier le problème.

En France, la question est encore incon-

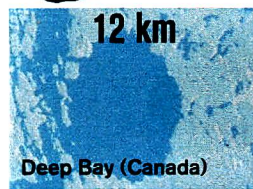
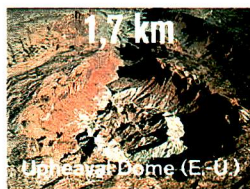
## La taille de l'astéroïde

Son cratère mesure

75 m

350 m

700 m



Une fois tous les...

1 000 ans

16 000 ans

63 000 ans

Il détruit

Paris

Ile-de-France

Partie de la France

Il tue...

5 000 personnes

500 000 personnes

1,5 milliard de personnes

Et encore...

Si impact marin, naissance de tsunamis à l'échelle des océans.

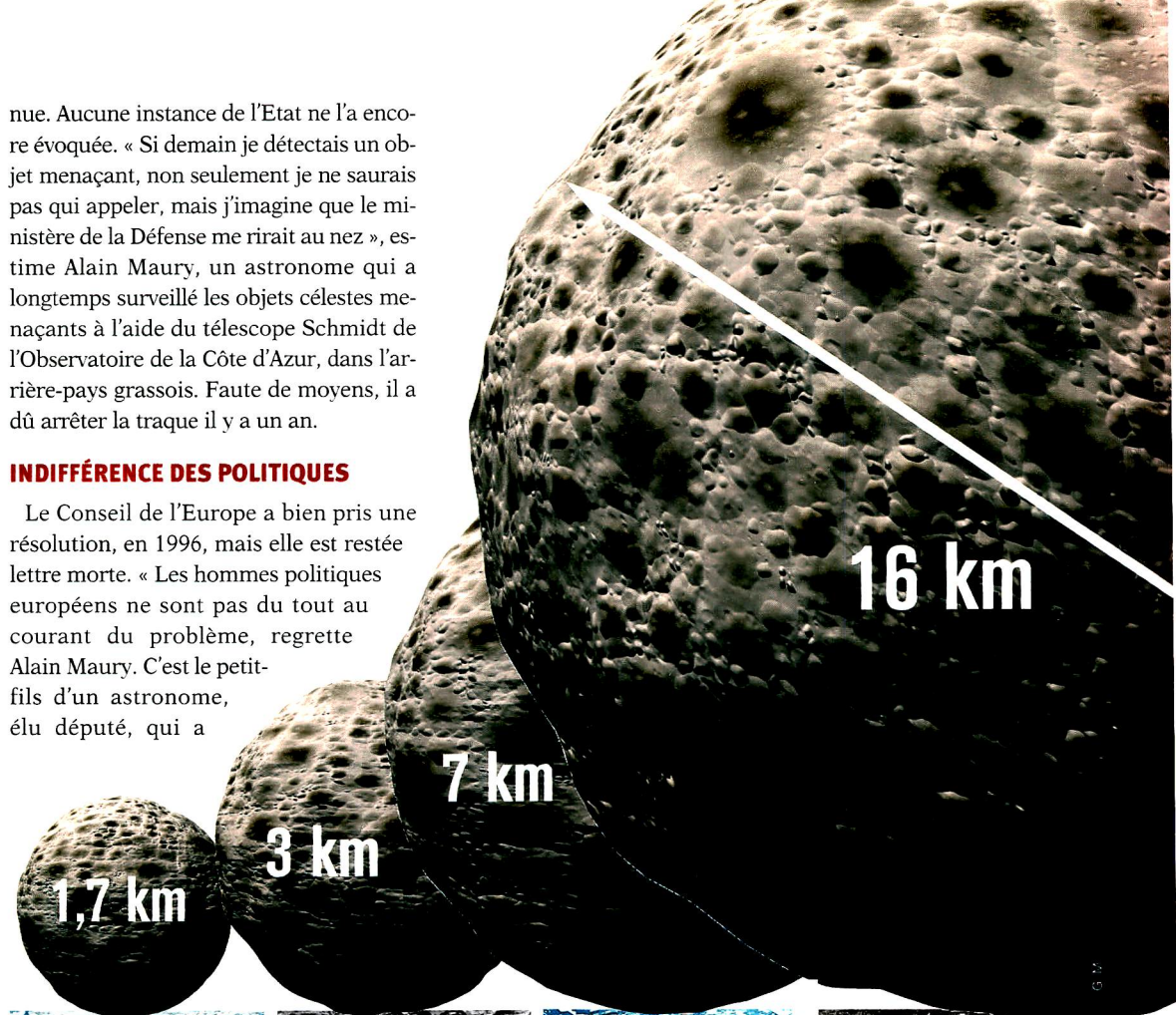
Déclenchement de tsunamis à l'échelle de l'hémisphère.



nue. Aucune instance de l'Etat ne l'a encore évoquée. « Si demain je détectais un objet menaçant, non seulement je ne saurais pas qui appeler, mais j'imagine que le ministère de la Défense me rirait au nez », estime Alain Maury, un astronome qui a longtemps surveillé les objets célestes menaçants à l'aide du télescope Schmidt de l'Observatoire de la Côte d'Azur, dans l'arrière-pays grassois. Faute de moyens, il a dû arrêter la traque il y a un an.

## INDIFFÉRENCE DES POLITIQUES

Le Conseil de l'Europe a bien pris une résolution, en 1996, mais elle est restée lettre morte. « Les hommes politiques européens ne sont pas du tout au courant du problème, regrette Alain Maury. C'est le petit-fils d'un astronome, élu député, qui a



250 000 ans



1,5 milliard  
de personnes

Dissémination de poussières qui affectent le climat planétaire. Destruction totale de la couche d'ozone.



1 Ma



1,5 milliard  
de personnes

Modification complète du climat. Immenses incendies dus aux éjections de matière lors de l'impact.



10 Ma



3 milliards  
de personnes

Destruction d'une zone équivalente à l'Europe. Effets prolongés sur le climat. Probable extinction de masse.



100 Ma



6 milliards  
de personnes

Extinction de masse comparable à celle de la fin du crétacé (90 % des espèces rayées de la carte).



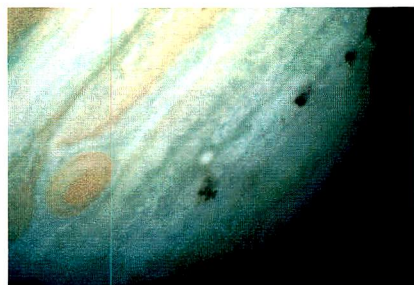
poussé le ministre de la Recherche britannique à se pencher sur la question. » Sans grand résultat cependant : si le ministre a bien reconnu l'importance du sujet, il n'a pris aucune décision : « A partir du moment où les dangers ne sont pas limités à une seule nation, une approche internationale du problème est nécessaire ». Comment expliquer cette indifférence ? Visiblement, les astronomes ont accumulé un certain nombre de faits dont les politiques ne savent pas tirer les enseignements.

## LES LOIS DU CHAOS

Le risque d'un impact majeur a commencé à envahir les consciences au début des années 80, quand la communauté scientifique eut les premières preuves qu'un tel cataclysme s'était déjà produit au cours de l'histoire de la vie sur Terre. C'est un physicien américain, Luis Alvarez, et son fils géologue, Walter, qui ont émis l'hypothèse – plus guère contestée aujourd'hui – selon laquelle la chute d'une météorite il y a 65 millions d'années était responsable du bouleversement climatique à l'origine de l'extinction des dinosaures et d'un grand nombre d'espèces animales tant terrestres que marines.

Au début des années 90, les astrophysiciens ont compris combien la stabilité qui règne dans notre système solaire n'était qu'apparente, lorsque l'astronome français Jacques Laskar a démontré que le mouvement des corps dans l'espace suivait les lois du chaos. En conséquence, il est impossible de prévoir à long terme les trajectoires de la plupart des objets qui peuplent notre système solaire.

En 1994, la prise de conscience a monté d'un cran quand les astronomes – et le grand public – ont contemplé en direct la



DR

# Système solaire : les astéroïdes pullulent

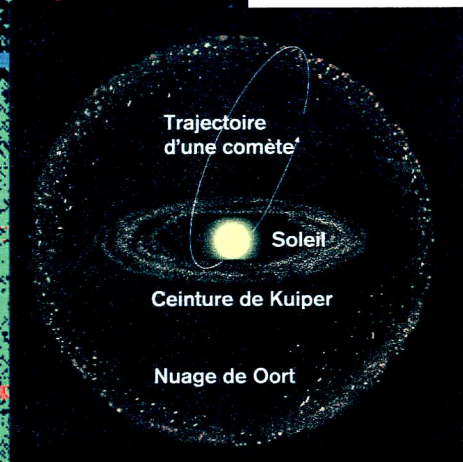
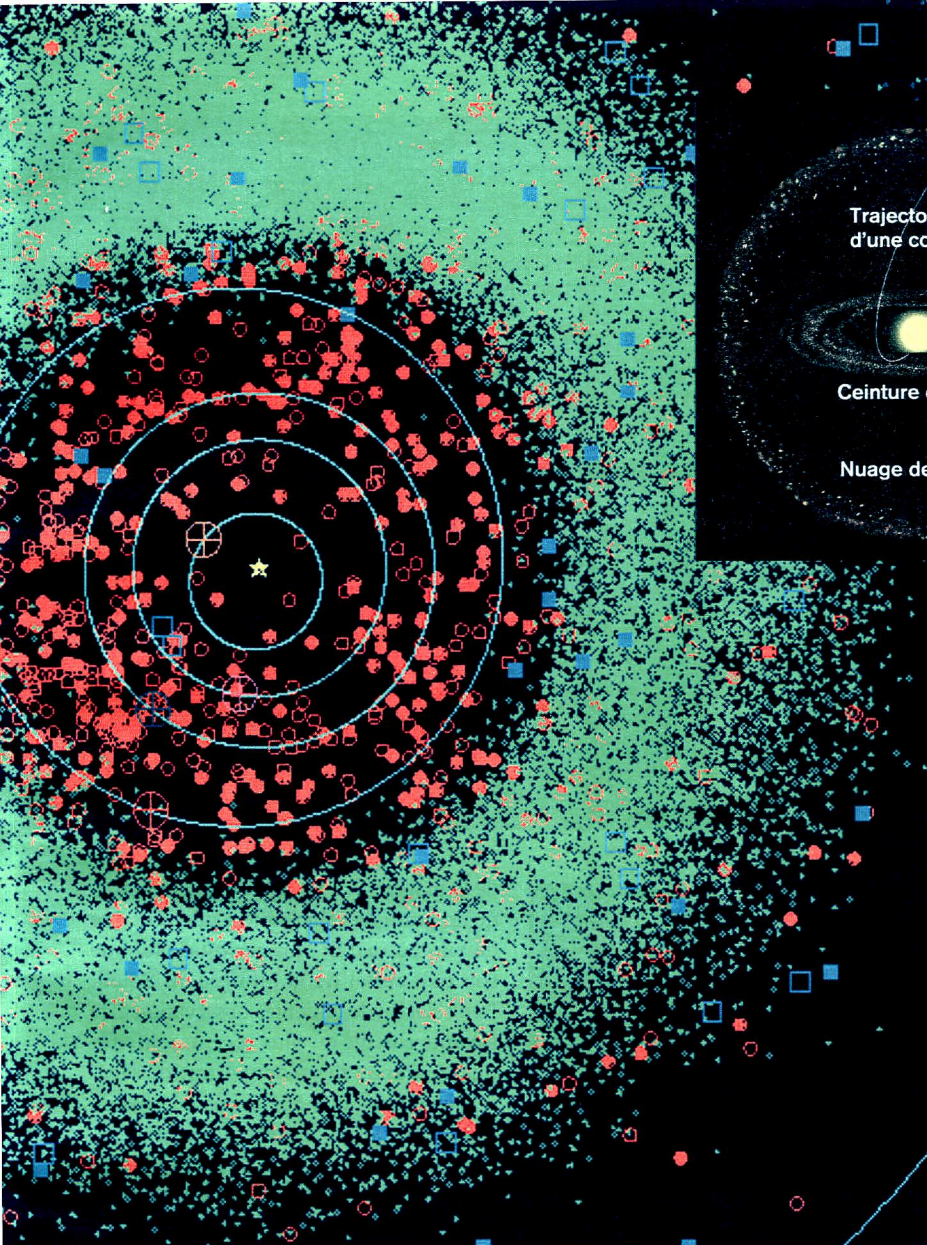
Des millions d'astéroïdes fréquentent la région de l'espace comprise entre Mars et Jupiter. Plusieurs centaines de ces objets (en rouge) suivent des orbites qui les rapprochent dangereusement de notre planète. C'est probablement l'un d'eux qui, il y a 65 millions d'années, a provoqué l'extinction des dinosaures.

## Chute de comète

Des taches sont aujourd'hui visibles à la surface de Jupiter. Ce sont les traces de la chute de Shoemaker-Levy 9 sur la planète géante.

chute de la comète Shoemaker-Levy sur la planète Jupiter. La violence de l'impact éjecta de la surface de la planète géante des boules de feu grosses comme la Terre. Cette année, enfin, des géochimistes américains ont apporté des preuves supplémentaires à l'hypothèse d'un impact météoritique dans l'extinction massive (jusqu'à 90 % des espèces) survenue il y a 250 millions d'années. Des indices de cette rencontre fatale auraient même été repérés par des géologues australiens, dans l'Ouest de leur pays, sous des centaines de mètres de sédiments (voir encadré pp. 60-61). C'est déjà arrivé plusieurs fois.





## Réservoirs à comètes

La ceinture de Kuiper, au-delà de l'orbite de Neptune, et le nuage de Oort, qui enveloppe les confins de notre système solaire, sont constitués de milliards de comètes.

Cela se reproduira un jour ou l'autre...

Les scientifiques ne veulent pas rester les bras croisés et attendre qu'un astre nous balaie de la surface du globe. Depuis la fin des années 80, plusieurs associations internationales d'astronomes ont décidé de prendre le problème à bras-le-corps. La Fondation des gardiens de l'espace (Spaceguard Foundation), basée à Rome, se charge notamment de coordonner les études menées dans différents observatoires de par le monde.

Mais quelle est la nature de la menace? De quel genre d'objet faut-il se méfier? Faut-il, par exemple, craindre une colli-

sion avec une autre galaxie? Rappelons que notre plus proche voisine, la galaxie d'Andromède, fonce sur nous à la vitesse de 400 000 km/h. Mais comme elle est située à plus de 2 millions d'années-lumière, elle devrait entrer en collision avec la Voie lactée dans un peu moins de... 5 milliards d'années. Peut-on sinon craindre une collision avec une étoile? Certainement pas. Les étoiles voisines se déplacent de concert avec le Soleil dans le grand mouvement circulaire qui anime la Voie lactée. Pas d'inquiétude à avoir non plus du côté des planètes de notre système solaire. Elles sont bien installées sur leur



orbite et ne croiseront jamais la nôtre. Et la Lune ne présente pas plus de risque. Quant aux débris de satellites, pas de danger non plus: ils n'arriveront jamais assez vite dans l'atmosphère pour engendrer une catastrophe.

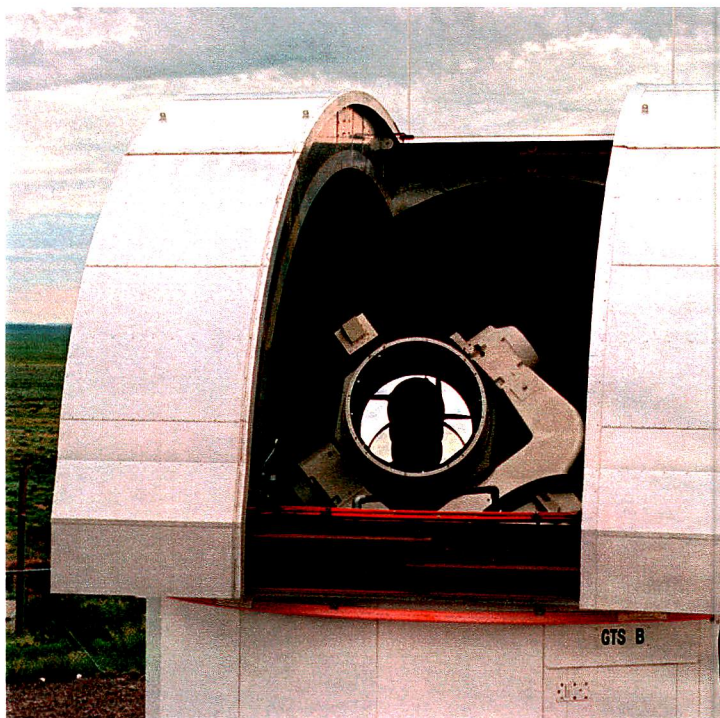
Que reste-t-il alors? Les astéroïdes, des cailloux rocheux trop petits pour porter le nom de planètes, et les comètes, boules de poussières glacées qui se parent d'une longue chevelure brillante à l'approche du Soleil. Ce sont eux, les vrais dangers.

Comme les autres planètes, ces corps tournent autour du Soleil. On les trouve essentiellement dans trois grandes zones. La première, entre Mars et Jupiter, forme une ceinture qui occupe le même plan orbital que les planètes. Elle contient, estime-t-on, près d'un million d'astéroïdes de plus de 1 kilomètre de diamètre! Ce sont les briques d'une planète qui n'a jamais pu se former. Plus loin, au-delà de Neptune, une région de l'espace située entre 30 et 100 fois la distance Terre-Soleil, la ceinture de Kuiper, contiendrait plus de mille milliards de comètes. Et il y en a sans doute au moins autant aux confins du système solaire, dans le nuage de Oort, qui forme une sorte de coquille sphérique dont le rayon est 40 000 fois plus grand que la distance Terre-Soleil (voir schéma page 57).

## DES KILOMÈTRES DE CALCULS

Pourquoi certains de ces corps si lointains se rapprocheraient-ils de la Terre? Ne sont-ils pas censés rester sur leur orbite? C'est la terrible loi de la mécanique céleste: leur ballet autour du Soleil est chaotique par nature. La moindre perturbation suffit à bouleverser leur orbite. Il suffit, par exemple, que l'orbite d'un astéroïde soit perturbée de façon minime par le passage exceptionnel d'un satellite de Jupiter pour que notre caillou soit légèrement dévié de sa trajectoire et se rapproche dangereusement de notre planète.

Alors comment faire face à ces sautes d'humeur? La seule solution serait d'étudier une à une les trajectoires de ces objets. Mais pour cela, encore faut-il pouvoir les observer. Vu de la Terre, un astéroïde de 1 kilomètre de diamètre situé au-delà



DR



CFA

## Chasseur d'astéroïdes

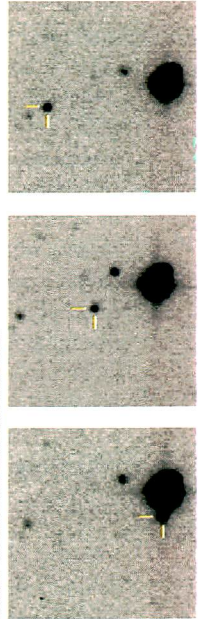
**Brian Marsden, qui dirige le Minor Planet Center, situé au Massachusetts Institute of Technology, à Boston, est le plus fameux chasseur d'astéroïdes. Grâce au télescope Linear situé au Nouveau-Mexique, il traque les objets menaçant notre planète.**

de la planète Mars ne paraît pas plus gros qu'un grain de sable situé à une centaine de kilomètres. Et l'on ne voit de lui que son pâle reflet de la lumière du Soleil. Deux siècles de patientes observations, de savants calculs et, plus récemment, des missions spatiales n'ont permis de repérer, à ce jour, que 500 corps de plus de 1 km. En effet, répertorier les objets susceptibles de passer près de notre planète demande de longues nuits d'observation et des kilomètres de calculs. « Le plus facile à déterminer est l'orbite de l'objet, résume Alain Maury, mais il faut le suivre pendant au moins une semaine pour la calculer. Puis le retrouver un ou deux mois après pour établir une trajectoire fiable sur plusieurs décennies ». Les estimations de la taille et de la densité de l'objet posent plus de problèmes. Ces paramètres se déduisent du pouvoir réfléchissant de sa surface, et de sa composition chimique, que seule une observation spectroscopique permet d'obtenir. Pour aller plus vite, les astronomes automatisent leurs instruments de détection. Mais seuls les Américains possèdent de tels télescopes automatiques.



## ASTÉROÏDE EN VUE

■ Si l'on détecte un astéroïde fonçant vers la Terre, faut-il prévenir la population au risque de créer une panique mondiale ? En 1999, les astronomes réunis au sein de la Spaceguard Foundation avaient établi un protocole d'alerte prévoyant un délai de trois jours entre la détection et l'annonce publique. Mais ce dispositif a déjà été pris en défaut en novembre dernier : il a fallu plus de trois jours de vérification pour réaliser qu'il n'y aurait pas de rencontre entre la Terre et le petit astéroïde 2000SG344. Trop tard, l'annonce de l'apocalypse faisait déjà la une des quotidiens du monde entier, prévoyant le désastre pour septembre 2030. Les astronomes préfèrent désormais rendre publique immédiatement leur découverte, dans l'espoir que les médias auront la sagesse d'attendre la confirmation officielle avant d'annoncer un risque d'impact. Un vœu pieux ?



Ces clichés retracent le mouvement de l'astéroïde 1997XF11 (point à la croisée des deux tirets), qui frôlera la Terre le 26 octobre 2028. Le gros point noir est une étoile.

Il y a trois ans, la NASA a lancé un programme visant à détecter en dix ans, à partir de télescopes terrestres, 90 % des astéroïdes de plus de 1 kilomètre de diamètre qui s'approchent de la Terre. Selon les estimations, ils seraient environ un millier. Coût : 3 millions de dollars par an, soit 0,04 % des 7,5 milliards de dollars de budget annuel de l'agence spatiale américaine.

## BEAUCOUP PLUS NOMBREUX QUE PRÉVU

Cependant, Alain Maury considère que dix années risquent de ne pas suffire : « Il faudra trente ans aux Américains pour atteindre cet objectif, d'une part parce qu'il n'y a pas de télescope dédié aux astéroïdes dans l'hémisphère Sud, d'autre part, parce que le nombre réel d'objets reste incertain. Ils pourraient être beaucoup plus nombreux que prévu. Pour preuve, en balayant la même région du ciel depuis trois ans, le rythme des découvertes d'astéroïdes demeure constant, alors qu'il devrait fléchir à mesure qu'il y en a de moins en moins à découvrir. Il ne serait donc pas étonnant qu'il y en ait plutôt 2000 ».

Les rapports américain et britannique recommandent de ne pas tarder à se mettre en chasse des comètes et des astéroïdes plus petits, entre 300 m et 1 km. Mais ceux-là sont encore plus difficiles à détecter, d'autant qu'ils se compteraient par dizaines de milliers. Pour ce faire, il faudrait des télescopes plus puissants que ceux utilisés à l'heure actuelle. C'est pourquoi le Conseil national de la communauté astronomique américaine vient de préconiser la construction d'un grand télescope essentiellement consacré à la détection, sur dix ans, de 90 % de ces objets de taille moyenne.

Mais que faire des 10 % restant ? Ce sont, par exemple, les rares comètes qui proviennent du nuage de Oort et dont la période de révolution de plusieurs centaines d'années est trop longue pour déterminer précisément leur trajectoire. Elles resteront à jamais un danger imprévisible. Il existe aussi des astéroïdes qu'on ne peut voir de la Terre parce qu'ils orbitent trop près du Soleil. Seule l'observa-

tion par un télescope envoyé dans l'espace permettra de les débusquer. « La sonde *Bepi-Colombo*, qui doit s'envoler en 2009 à destination de Mercure, pourrait très bien découvrir des corps supérieurs à 500 mètres invisibles de la Terre », indique Marcello Coradini, ce qui donnerait enfin un rôle à l'agence européenne dans cette affaire. » De même, le satellite *Gaïa*, qui sera lancé vers 2010-2012 dans le but de cartographier les étoiles de notre galaxie, pourrait devenir un excellent chasseur de petits corps », rajoute le responsable européen.

Traquer, inventorier les menaces, c'est bien. Mais que faire si un astéroïde ou une comète nous fonce littéralement dessus ? Si l'objet mesure moins de 300 mètres de diamètre, un déplacement des populations devrait suffire à éviter le pire. C'est la méthode passive. Mais si le choc s'annonce plus violent, il faudra passer à l'action.

Quels sont les moyens à notre disposition ? Le premier réflexe voudrait qu'on bombarde l'objet menaçant à coups d'ogives nucléaires. Le remède pourrait cependant être pire que le mal : les fragments rocheux résultant de la déflagration



risqueraient de retomber sur Terre avec leur lot de radioactivité (voir encadré pp. 63-64). Mais, si l'impact n'est prévu que quelques mois à l'avance, il faudra bien tenter le coup de la dernière chance...

Heureusement, on devrait voir venir plusieurs années à l'avance la plupart des astéroïdes et comètes à courte période de révolution, car leur passage fréquent près de la Terre nous permet de connaître et de prévoir très précisément leur trajectoire. Dans le cas d'une menace de ce type, la première chose à faire serait d'envoyer une mission spatiale mesurer la masse, la structure, la composition chimique de l'objet, la présence éventuelle de satellites. S'il se révèle très poreux, on pourra le faire exploser (1).

### QUELLE PARADE CHOISIR ?

Contre un objet plus compact, la seule solution envisageable actuellement serait de faire exploser une ogive nucléaire à sa proximité afin que l'énergie dégagée dévie sa trajectoire. « Cette solution n'est pas écologique et même un peu risquée », commente Alain Maury. L'énergie ne sera peut-être pas suffisante et, là encore, des fragments radioactifs peuvent aussi retomber sur la Terre.

Les scientifiques doivent donc imaginer d'autres parades, plus efficaces et surtout moins dangereuses pour dévier l'objet de son orbite : en le poussant à l'aide d'une fusée, en jouant à un "billard de l'espace" par l'intermédiaire d'un autre astéroïde, en lui accrochant une voile solaire pour le dérouter, en le grignotant petit à petit à l'aide d'une foreuse (voir illustrations).

Mais aucun de ces scénarios n'est aujourd'hui techniquement réalisable. Et comme le faisait remarquer l'astronome et vulgarisateur américain Carl Sagan il y a quelques années : « Si de telles armes sont construites, le risque qu'elles soient tournées vers la Terre et utilisées à des fins militaires est plus grand que le risque

*Suite p. 62*

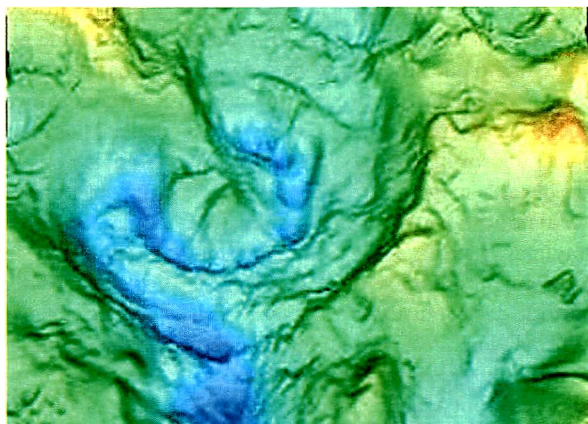
(1) La NASA vient de programmer le lancement d'une sonde destinée à faire exploser la comète Temple 1 en 2005 afin de mieux connaître sa nature. Une opération qui sera un excellent test de faisabilité.

## Extinctions massives

# Un tueur venu de l'espace

■ Elle ne leur a laissé aucune chance. Quelle parade auraient pu trouver les dinosaures pour survivre dans les ténèbres glacées ? Lorsqu'une météorite de près de dix kilomètres de diamètre s'est abattue sur la Terre, il y a 65 millions d'années, elle a soulevé une énorme quantité de poussières qui a plongé la planète tout entière dans l'obscurité pendant plusieurs années. Sans soleil, pas de photosynthèse possible. Les végétaux ont très vite déperé, suivis de près par les herbivores qui entraînent les carnivores dans leur déclin. Pas un dinosaure n'en réchappa. Tout règne confondu, près de huit espèces sur dix disparurent à jamais. La quasi-totalité du plancton marin passa de vie

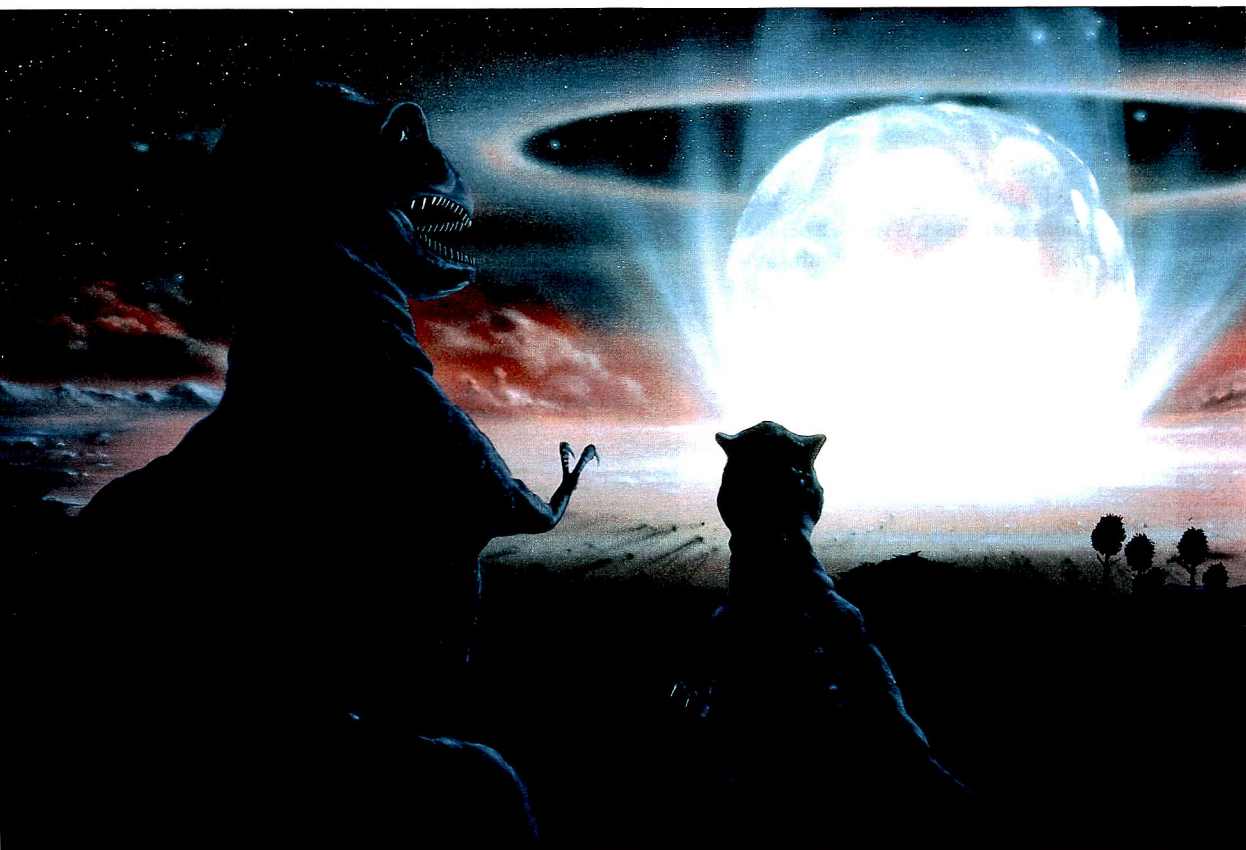
à trépas. Plusieurs spécialistes estiment que cette extinction en masse a duré tout au plus quelques centaines d'années. La météorite a signé son forfait par une concentration anormalement élevée d'iridium dans les strates géologiques datant de la limite crétacé-tertiaire. Or, ce métal de la famille du platine, plutôt rare sur notre planète, est relativement abondant dans les météorites. La présence de cristaux de quartz choqués - ayant subi des pressions énormes à la suite d'un impact violent - et de spinelles nickelifères, des minéraux dont l'apparition peut être liée à l'oxydation dans l'atmosphère d'une météorite riche en nickel constituent d'autres traces compromettantes. On croit



Le cratère de Chicxulub, enfoui sous 1 kilomètre de sédiments au bord de la presqu'île du Yucatan (Mexique), est ici reconstitué en imagerie 3D.

DR





S. NUMAZAWA/APB/CIEL ET ESPACE

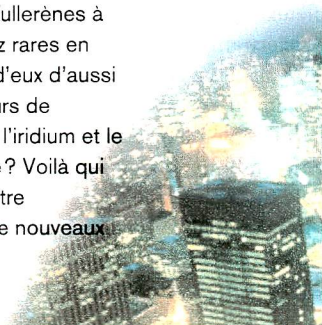
même connaître le lieu du crime. En 1991, on a en effet découvert un cratère d'impact (dit de Chicxulub) de 260 km de diamètre en bordure de la péninsule du Yucatan (Mexique) enseveli sous une couche de sédiments de 1 kilomètre d'épaisseur. Circonstance atténuante, la météorite s'est peut-être contentée d'asséner le coup de grâce. Le volcanisme exceptionnel qui régnait à la fin du crétacé avait probablement déjà perturbé le climat en éjectant d'énormes volutes de gaz carbonique et d'oxydes de soufre. Coup de grâce qui n'était peut-être pas un coup d'essai... Il y a environ

250 millions d'années, une autre extinction massive a rayé de la carte 90 % des espèces marines (notamment les trilobites) et 70 % des espèces continentales. Cette hécatombe, qui s'est produite à la limite du permien et du trias, était attribuée jusqu'ici à des fluctuations rapides du climat, des variations subites du niveau des mers ou à un volcanisme intensif. L'hypothèse d'un tueur cosmique est venue allonger la liste des suspects en février dernier. Luann Becker, de l'université de Washington (Seattle), a en effet analysé des sédiments datant de cette époque,

prélevés en Asie et dans l'est de l'Europe. Les échantillons contiennent de l'hélium et de l'argon piégés dans des fullerènes, molécules de carbone en forme de cages. La signature isotopique de ces deux gaz (la répartition de leurs différents isotopes) ressemble davantage à celle des météorites qu'à celle des roches terrestres. La capacité des fullerènes à mettre ces gaz rares en cage fait-elle d'eux d'aussi bons marqueurs de météorite que l'iridium et le quartz choqué ? Voilà qui promet peut-être l'élucidation de nouveaux crimes.

I. B.

**Il y a 65 millions d'années, des dinosaures ont dû assister au bref mais éblouissant spectacle de la chute d'un astéroïde de 10 km de diamètre.**





Suite de la p. 60

d'impact lui-même ». Les scientifiques préfèrent se contenter de travaux théoriques, le délai entre la détection et l'impact devant leur laisser le temps d'imaginer la riposte.

Certains scientifiques envisagent tout de même le pire: un choc inexorable parce que nous n'aurions pas réussi à détourner l'objet ou à le voir débouler suffisamment à temps... Comment dans ce cas empêcher l'hécatombe? Comme le soulignent les deux rapports américain et anglais, personne n'a encore proposé de réponse sérieuse, ni même réfléchi aux éventuels plans d'évacuation, ou au stockage de la nourriture.

### UNE APPROCHE PLURIDISCIPLINAIRE

Aucun plan n'est prévu car les conséquences précises des impacts sont encore mal connues. Quels seraient leurs effets sur l'écorce terrestre? Personne ne sait vraiment. Une seule chose est sûre, l'impact provoquera une explosion, soit dans l'atmosphère, sous l'effet du frottement avec l'air, soit sur terre ou dans la mer sous l'effet du choc. Le souffle dégagé par la déflagration entraînera la formation d'un champignon semblable à celui d'une explosion nucléaire. C'est d'ailleurs le département de l'énergie du Laboratoire national de Los Alamos, aux Etats-Unis, chargé de repérer les tests nucléaires clandestins, qui a détecté l'objet tombé au large du Mexique au mois d'avril dernier!

Quelles seraient les répercussions climatiques d'un choc plus important? Comment les organismes vivants pourraient-ils supporter ce bouleversement? Combien de temps durerait ce phénomène? Là encore, les réponses sont incomplètes. « Jusqu'à maintenant, les études concernant les conséquences de chutes d'astéroïdes n'étaient accomplies que par des physiciens. Ils ne s'occupent pas de la partie biologie ou écologie du phénomène », indique le paléontologue français Eric Buffetaut. Le programme européen Impact auquel il participe est justement chargé de combler ces lacunes. Ce programme, unique en son genre, rassemble depuis 1998 des scientifiques de tous ho-

# Comment sauver le

## LA SEULE SOLUTION ACTUELLE, MAIS ATTENTION...

Erik Asphaug, un chercheur de l'université de Californie, à Santa Cruz, a modélisé l'effet d'un projectile lancé à 15000 km/h sur un astéroïde, en fonction de la nature de celui-ci (voir ci-dessous): s'il s'agit d'un agrégat poreux, composé de grains de 30 à 100 m de diamètre, la moitié de l'objet se désintégrerait et le reste serait légèrement dévié, ce qui pourrait réduire l'ampleur du choc. En revanche, si le bolide est un bloc de roche homogène d'environ 1,5 km de long, seulement 10 % de sa masse serait pulvérisée, et les 90 % restant ne seraient que très peu déviés: il y aurait encore de fortes chances pour que l'astéroïde finisse sa course sur Terre, avec, en prime, une bonne dose de radioactivité...

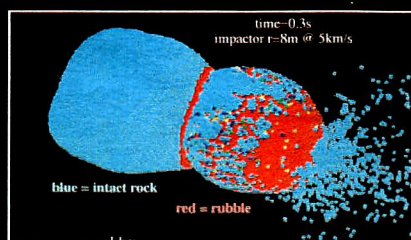
P. CARRIL



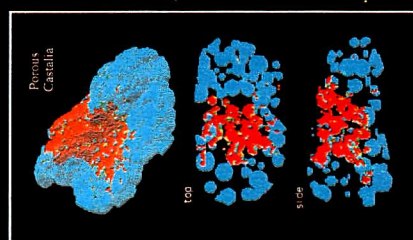
# monde ?



## BLOC HOMOGÈNE



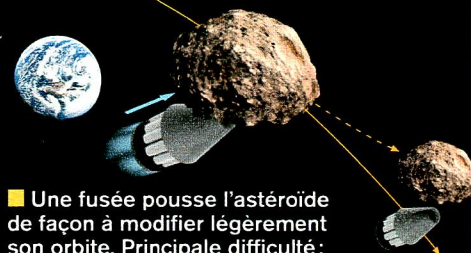
## AGRÉGAT POREUX





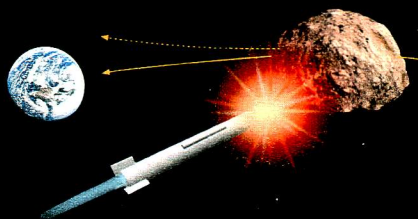
# SIX SCÉNARIOS POUR L'AVENIR

## 1 - LE POUSSE-POUSSE de 30 à 120 milliards de francs



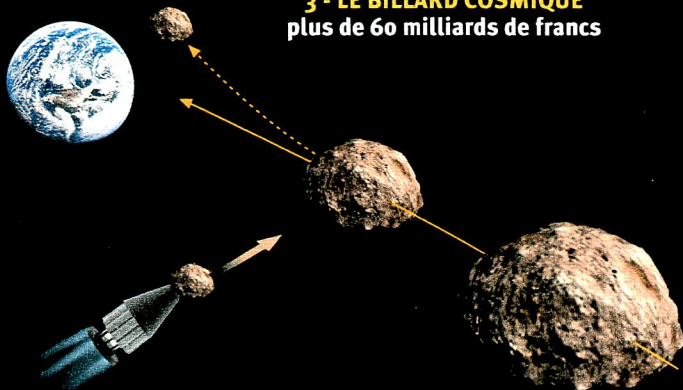
■ Une fusée pousse l'astéroïde de façon à modifier légèrement son orbite. Principale difficulté : attacher la fusée à l'astéroïde.

## 2 - LA PICHENETTE de 6 à 60 milliards de francs



■ Une fusée envoie une ogive nucléaire à proximité de l'astéroïde : l'énergie de l'explosion modifie la trajectoire de celui-ci, sans le détruire. Les scientifiques pensent que c'est la seule solution applicable à l'heure actuelle, avec, toutefois, le risque de retombées dangereuses sur la Terre.

## 3 - LE BILLARD COSMIQUE plus de 60 milliards de francs



■ Une fusée propulse, en direction du bolide menaçant, un petit astéroïde. L'efficacité du processus dépend de la masse et de la vitesse du projectile, ce qui limite la technique aux objets inférieurs à 100 mètres de diamètre.

## 4 - LE LASER de 60 à 120 milliards de francs



■ Un laser à haute énergie (de l'ordre du milliard de joules) creuse, petit à petit, l'astéroïde. La technologie devrait être disponible vers 2025 mais ne peut s'appliquer qu'aux corps inférieurs à 200 m de diamètre.

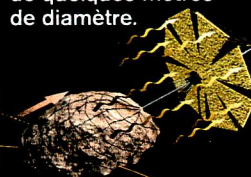
## 5 - LA FOREUSE plus de 100 milliards de francs



■ Une foreuse ancrée à la surface de l'astéroïde en éjecte des fragments dans l'espace. Difficultés : accrocher la foreuse et construire une centrale capable de lui fournir suffisamment d'énergie. La solution n'est pas envisageable avant 2015.

## 6 - LA VOILE SOLAIRE de 6 à 12 milliards de francs

■ Des voiles poussées par l'énergie du Soleil éloignent l'astéroïde de la Terre. C'est le scénario le moins réaliste, car il faudrait concevoir des voiles de 1 000 km d'envergure pour déplacer un astéroïde de quelques mètres de diamètre.





rizons qui croisent les informations issues des observations astronomiques, des études statistiques, des tests nucléaires, des relevés géologiques, des projections climatologiques ou encore des simulations numériques pouvant apporter un éclairage sur le phénomène d'impact météoritique majeur. « Avoir une approche pluridisciplinaire est la seule façon d'aborder ces phénomènes globaux, explique Eric Buffetaux. La science doit forger des outils à la mesure du problème. »

## ÉVALUER LES RISQUES

On a quand même déjà quelques idées sur les dégâts que pourraient causer ces vagabonds de l'espace. Au moins en terme d'énergie libérée. En effet, les astéroïdes se déplacent à une vitesse comprise entre 50 000 et 100 000 km/h et les comètes atteignent les 150 000 km/h. Or, à de telles vitesses, pas besoin d'une grosse masse pour dégager une énergie phénoménale. Le pouvoir de destruction de ces monstres est déduit des tests nucléaires qui engendrent les explosions les plus puissantes que l'on connaisse sur la Terre. Les données sont corrigées à l'aide de puissantes simulations numériques.

Et les dégâts, qui peuvent aller jusqu'à la destruction totale de la Terre, sont apocalyptiques. Cela devrait pousser les autorités publiques à réagir, mais elles ont besoin d'une évaluation fiable du risque pour prendre une décision. On ne peut s'empêcher d'évoquer le fameux principe de précaution qui, dans l'incertitude, voudrait qu'on prenne en considération le pire des scénarios. Or, ici, on touche à l'aspect le plus déroutant du sujet.

Pour évaluer le risque d'une apocalypse, il faut d'abord savoir avec quelle fréquence la Terre risque d'être bombardée. Comme à l'heure actuelle on n'a pas encore recensé la totalité des objets menaçants, les spécialistes ne peuvent prendre comme référence que ce qui est déjà tombé dans le passé, en faisant le pari que la fréquence de chute reste à peu près constante. Mais cette recherche des événements passés est en elle-même difficile. Tout d'abord les trois quarts de la surface de notre planète sont recouverts par



DR

des océans, et cela depuis des milliards d'années. Toute trace d'impact est, *de facto*, impossible. Ensuite, sur le quart de continents qui reste, les traces au sol sont rapidement effacées par l'érosion en seulement quelques milliers ou millions d'années.

Heureusement, la surface criblée d'impacts de notre satellite nous renseigne sur le flux de météorites qui bombarde en permanence notre planète. Il en tombe chaque année plusieurs dizaines de milliers de tonnes – et depuis le début de votre lecture, il en est tombé environ une tonne !

C'est ainsi que l'on établit une fréquence de chute et que l'on arrive à l'estimation suivante : chaque mois, en moyenne, il tombe sur Terre un objet de la taille de celui repéré au large de la côte mexicaine, tandis qu'un objet de taille comparable à

## Accident

Le 9 octobre 1992, à Peekskill, dans l'Etat de New York, s'abattait une météorite de 12 kg. Cette vieille Chevrolet en sera heureusement la seule victime.

## ASTÉROÏDES DE CHOC

### MENACES PROCHAINES

Astéroïdes de plus de 300 m qui doivent s'approcher à moins de quatre fois la distance Terre-Lune dans les cent ans à venir.

date	nom	distance Terre-Lune	diamètre (en mètres)
7 août 2027	1999 AN10	1 fois	1 000
26 oct. 2028	1997XF11	2,5	2 000
14 fév. 2060	(4660) Nereus	3,2	900
23 sept. 2060	1999 RQ36	2,2	300
21 oct. 2069	(2340) Hathor	2,6	600
21 oct. 2086	(2340) Hathor	2,4	600
9 avr. 2095	1998 SC15	3,2	500

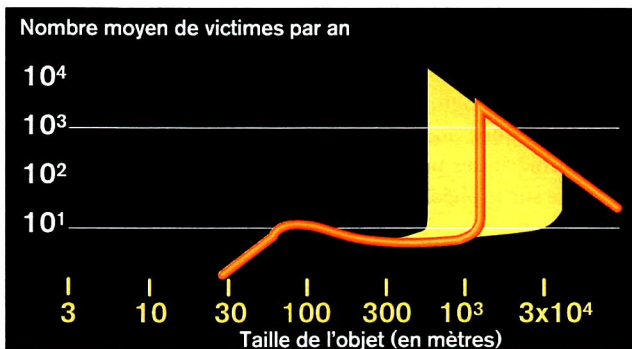


celui qui a exterminé les dinosaures s'écrase en moyenne tous les 100 millions d'années. Mais ce n'est pas parce que les grands sauriens ont disparu il y a 65 millions d'années, qu'il n'y aura pas d'autre impact majeur avant une bonne trentaine de millions d'années. La date du dernier impact ne sert pas à déterminer le suivant. Ce n'est qu'une probabilité moyenne. Il y a autant de risques pour que le prochain impact se produise demain ou le 21 septembre 2024, voire lors d'une belle soirée d'été dans 100 millions d'années!

#### 4 000 MORTS PAR AN

Il faut maintenant mesurer l'importance des dégâts par le nombre de morts causés lors de l'impact. Tout dépend si l'objet tombe en pleine mer, dans le Middle West ou sur Paris... Pour une évaluation globale, on établit une moyenne de la population planétaire (dix personnes au kilomètre carré) et on fait varier la taille de l'astéroïde: l'hécatombe varie alors de 0... à 6 milliards de morts.

Pour évaluer la menace et la comparer à d'autres catastrophes (accidents d'avion, inondations, épidémies, tremblements de terre...), il suffit de multiplier la probabilité d'impact de l'objet menaçant par le nombre de victimes qu'il provoquerait. Les météorites de plus de 1,5 km de diamètre, par exemple, à raison d'un impact



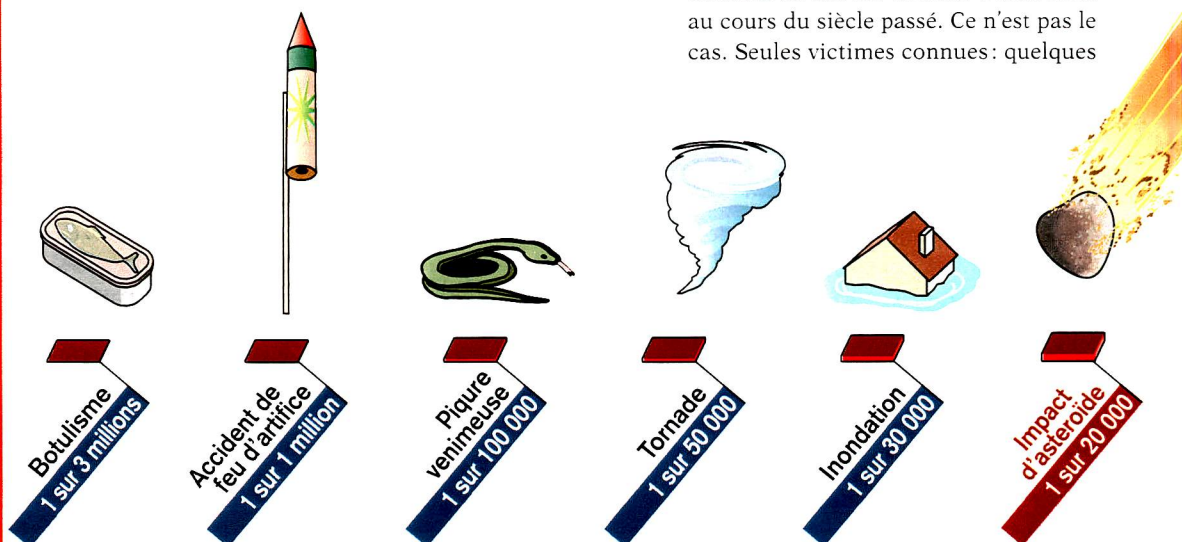
A MEYER

### Courbe des risques

Pour un astéroïde d'une taille donnée, on peut estimer la fréquence de ses impacts et le nombre de victimes qu'il peut provoquer. On en déduit le nombre de morts virtuels par année. Celui-ci atteint son maximum pour les objets de 1 kilomètre de diamètre, la région en jaune indiquant les incertitudes de l'évaluation en cas de catastrophe majeure.

tous les 500 000 ans et de 1,5 milliard de morts par impact, représentent un danger potentiel de 3 000 morts par an. Si l'on prend en compte tous les objets extraterrestres, le risque lié à leur chute représente 4 000 morts par an! Soit, rapporté à chaque individu, un risque sur 20 000 de laisser sa peau sous un astéroïde. Un Américain a plus de risques de succomber dans un accident de voiture, autant dans un accident d'avion et moins dans une inondation, une tornade ou à la suite d'une morsure de serpent (voir dessin ci-dessous)... Etant donné les investissements consentis pour se prémunir contre ces risques familiaux, comment notre société peut-elle négliger celui des impacts de météorites? C'est que ce calcul, pourtant le seul capable d'évaluer le risque, n'est pas pertinent.

En effet, selon ces estimations, plusieurs centaines de milliers de personnes auraient dû être les victimes d'astéroïdes au cours du siècle passé. Ce n'est pas le cas. Seules victimes connues: quelques





voitures ou maisons écrasées. « Quand on parle de l'humanité, établir une moyenne à partir de phénomènes qui n'arrivent qu'une fois tous les cent mille ans ou millions d'années n'a pas beaucoup de sens », indique Jean-Louis Bon, statisticien français à l'université de Lille, spécialisé dans l'étude d'événements rares. On ne peut rien dire du devenir de l'humanité sur de telles périodes. Conclusion: nous sommes incapables d'évaluer objectivement les risques liés à des événements aussi peu fréquents.

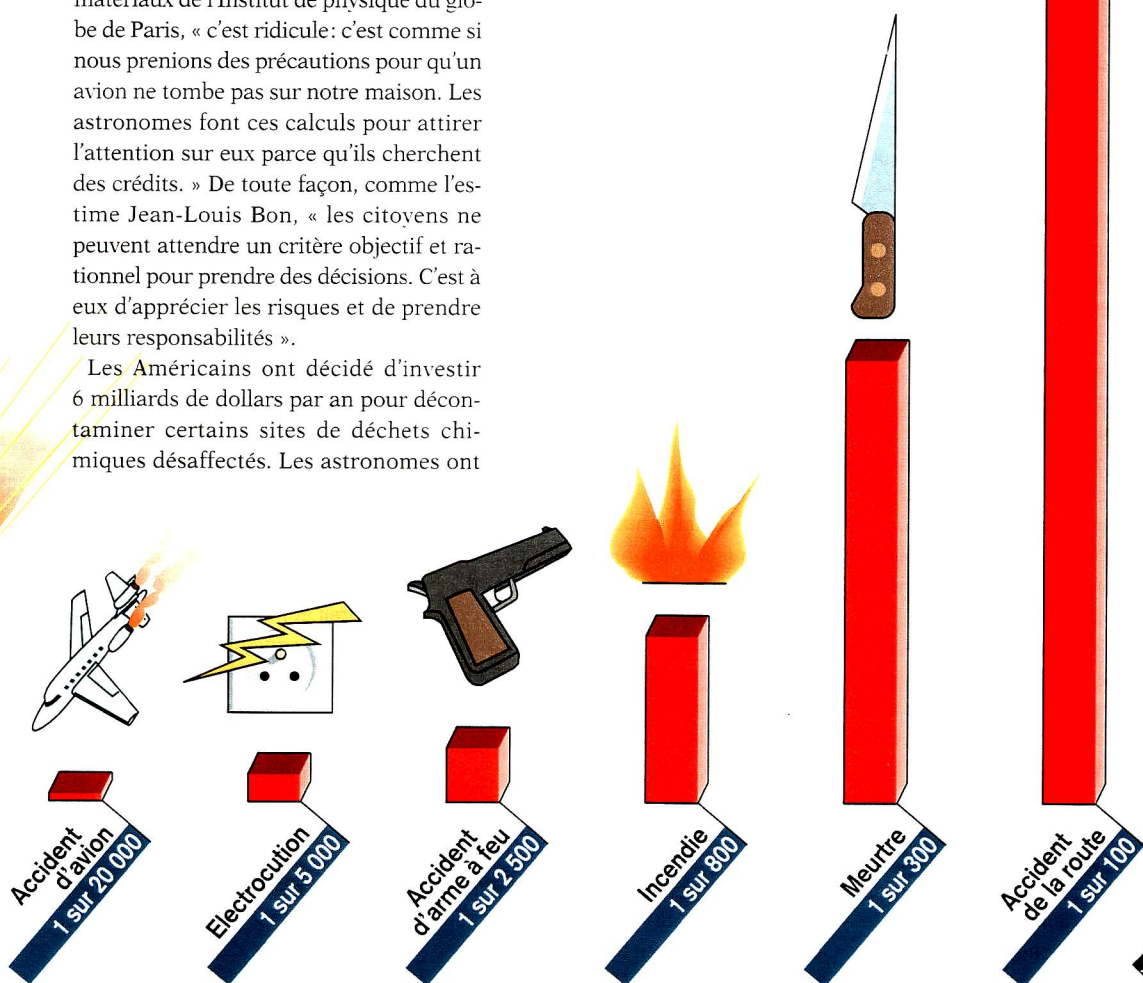
### LES AVIS DIVERGENT

Pas étonnant dès lors que les avis divergent. Pour Alain Maury, « nous sommes les derniers des crétins si nous ne faisons rien! ». En revanche, pour Jean-Paul Poirier, directeur du département des géomatériaux de l'Institut de physique du globe de Paris, « c'est ridicule: c'est comme si nous prenions des précautions pour qu'un avion ne tombe pas sur notre maison. Les astronomes font ces calculs pour attirer l'attention sur eux parce qu'ils cherchent des crédits. » De toute façon, comme l'estime Jean-Louis Bon, « les citoyens ne peuvent attendre un critère objectif et rationnel pour prendre des décisions. C'est à eux d'apprécier les risques et de prendre leurs responsabilités ».

Les Américains ont décidé d'investir 6 milliards de dollars par an pour décontaminer certains sites de déchets chimiques désaffectés. Les astronomes ont

## Comparaison hasardeuse ?

En croisant le nombre de victimes potentielles d'un impact d'astéroïde avec la probabilité qu'il se produise, on obtient une échelle des risques. Avec un risque sur 20 000 de mourir d'un impact d'astéroïde, les Américains devraient se méfier du ciel autant que des avions... et plus que des inondations ou des tornades ! En réalité, pour des événements aussi peu fréquents que des impacts météoritiques, ce calcul n'a pas de sens.



Source : New Scientist





Autres hypothèses

# Menaces exotiques?

Des boules de glace, des morceaux de roche, plus ou moins métalliques... Voilà, selon toute vraisemblance, les objets qui peuvent nous tomber sur la tête un jour ou l'autre. Et si cette énumération n'était pas complète? Et s'il existait des corps célestes faits d'un autre type de matière? Une matière exotique qui pourrait se révéler bien plus dangereuse encore que la glace ou la roche? Prenons le cas de l'antimatière. Rien en physique ne permet d'exclure sa présence dans l'Univers: elle a été conceptualisée par les physiciens, et même créée dans les grands accélérateurs de particules. Or, la chute d'un astéroïde constitué d'antimatière aurait des conséquences des plus explosives: il suffit qu'un "anti-caillou" de 1 centimètre de large pénètre dans notre atmosphère pour que matière et antimatière s'annihilent dans une bouffée d'énergie supérieure à celle libérée par la bombe d'Hiroshima... Inutile de parler des conséquences de la chute d'un anti-astéroïde de 1 kilomètre de diamètre...

Heureusement, un tel scénario est tout à fait invraisemblable: « S'il existait un astéroïde d'antimatière dans notre galaxie, son annihilation avec la matière alentour émettrait des rayons X que nous repèrerions immédiatement », explique Marc Lachièze-Rey, astrophysicien au Commissariat à l'énergie atomique (CEA) de Saclay. Cela n'exclut pas qu'il puisse en exister

dans d'autres galaxies. Mais, dans ce cas, il n'y a aucune raison qu'ils en sortent pour venir perturber la nôtre, et, même s'ils le faisaient, ils auraient toutes les chances d'être désintégrés par la matière intergalactique bien avant d'approcher notre système solaire. Ouf!

Et si la menace était invisible? Les scientifiques constatent depuis longtemps que 90 % de la matière dans l'Univers échappe à la vue perçante de nos télescopes. Cette matière sombre ne risque-t-elle pas de s'abattre sur nous sans crier gare?

Environ un tiers de cette masse "manquante" serait constitué d'astres faiblement lumineux, comme les naines brunes, ces corps trop petits pour entamer les réactions de fusion qui les porteraient au rang d'étoile, ou les naines blanches, ces étoiles qui terminent tranquillement leur vie après avoir brûlé tout leur carburant. Là, pas de danger: comme dans le cas des étoiles ou des planètes classiques, il n'y a aucun risque que ces astres quittent leur région de l'espace pour venir croiser dans nos parages.

Qu'en est-il des deux tiers restant? Selon les estimations des spécialistes, ils seraient constitués de particules exotiques, invisibles car interagissant très faiblement avec la matière classique. Baptisés WIMPS (pour Weakly Interacting Massive Particles), de tels blocs pourraient-ils s'abattre inopinément sur nous? « Non plus, affirme Marc Lachièze-Rey,

ces particules, si elles existent, ne représentent aucun danger: ce seraient des particules isolées, réparties de façon uniforme dans l'Univers, ne pouvant former en aucune façon des objets compacts. »

Mais derrière la matière sombre se cachent peut-être d'autres menaces plus exotiques encore... Récemment, des théoriciens australiens de l'université de Melbourne ont suggéré l'existence d'une "matière miroir", elle aussi indétectable par nos télescopes. Cette matière viendrait combler le déséquilibre de parité droite-gauche constaté dans la nature et resté, jusqu'à présent, inexpliqué: à chaque particule classique correspondrait une particule miroir sur laquelle les réactions physiques s'appliqueraient de façon parfaitement symétrique. Chacune serait l'image de l'autre vue dans un miroir.

« Il est possible qu'il existe, dans notre système solaire, des







CIEL ET ESPACE

**En 1908, l'explosion d'un mystérieux objet au-dessus de la région de Tougouska, en Sibérie centrale, dévasta plus de 1000 km<sup>2</sup> de forêt. Était-il constitué de matière exotique ?**

astéroïdes ou des comètes "miroirs" qui entreraient en collision avec la Terre », considère Robert Foot, l'un des rares promoteurs de cette théorie. Ces corps ne deviendraient visibles qu'au moment de leur entrée dans l'atmosphère, en échauffant les atomes d'oxygène et d'azote. Ils provoqueraient une onde de choc comparable à celle que créerait un astéroïde classique de même taille. « Il semble qu'il y ait des indices de tels événements sur Terre », s'emballe le physicien australien. Selon lui, le plus gros impact connu du xx<sup>e</sup> siècle, qui s'est produit au-dessus de la région de Tougouska (Russie) en 1908, et dont l'origine exacte n'a toujours

pas été élucidée, pourrait trouver là une explication. Cette théorie pourrait aussi élucider l'étrange explosion qui a illuminé le ciel de Jordanie, le 18 avril dernier, brûlant un arbre et pulvérisant un rocher. « Il y a peut-être des morceaux de matière miroir qui traînent encore là-bas ! », imagine Robert Foot. Une piste qui reste cependant trop spéculative au goût de nombreux astronomes...  
**H.P. et V.G.**



beau jeu de remarquer que cette mesure ne sauve en moyenne qu'une vie par an. « Sachant qu'il suffirait de seulement quelques millions de dollars par an pendant quelques années pour détecter tous les astéroïdes dangereux, pourquoi se priver d'un élémentaire principe de précaution ? Du côté des politiques, les choses commencent tout juste à bouger. Un premier signe : dans le cadre de la discussion des projets de l'Agence spatiale européenne, la création d'un télescope spatial dédié aux petits astéroïdes sera abordée lors de la conférence des ministres européens sur l'espace, au mois de novembre prochain.

## LA CATASTROPHE FAIT PARTIE DE LA VIE

Finalement, le problème posé par les astéroïdes nous oblige à repenser notre vision du monde. « Au début du xix<sup>e</sup> siècle, le paléontologue français Georges Cuvier donnait un rôle déterminant à la notion de catastrophes dans l'histoire de l'évolution du vivant, explique Eric Buffetaut. Darwin, en revanche, décrivit avec un tel succès l'évolution lente et progressive du vivant que tout un système de pensée apparut dans lequel il n'y avait plus aucune place pour les catastrophes. La continuité évolutive est alors devenue un dogme, encore enseigné de façon plus ou moins explicite jusqu'à très récemment. »

Aujourd'hui, la notion de catastrophe réintègre le champ scientifique. « Les résistances existent encore, mais les mentalités sont en train de changer. » L'évolution du vivant cesse progressivement d'être vue comme une ligne continue mais plutôt comme une ligne brisée. Brisée par des événements exceptionnels, dramatiques, brutaux, imprévisibles. La catastrophe fait partie de la vie. Les grands sauriens d'antan ont été les maîtres du monde pendant 200 millions d'années, les mammifères ne faisaient pas le poids devant ces monstres. Mais un gros caillou est tombé du ciel et leur règne s'est achevé brutalement. La place était libre pour un nouveau jeu de l'évolution. La partie est toujours en cours. Jusqu'à la prochaine catastrophe. Serons-nous aussi stupides que les dinosaures ? ■





# Le Nouveau Monde a inventé la pyramide



J. HAAS / FIELD MUSEUM CHICAGO

**C**aral, il y a 4 600 ans. La cité est en effervescence. Des ouvriers transportent pierres et galets dans des sacs en fibres de roseau. Des chalands se pressent autour de pêcheurs venus vendre leurs prises. Sur l'autre rive de la Supe, des cultivateurs entretien-

la plus grande des pyramides atteste que la ville fut fondée aux alentours de 2600 ans avant J.-C. Pour Winifred Creamer, l'une des membres de l'équipe, Caral serait « le berceau des civilisations du Nouveau Monde ».

Et pourtant, il a fallu attendre plus de quatre-vingt-dix ans pour que soit soulevé un coin du voile recouvrant ledit berceau. Découvert en 1905, le site n'avait alors pas suscité l'intérêt des archéologues de l'époque, car il ne recelait pas de trésors "monnayables". Plus tard, dans les années 70, la guérilla menée par des opposants communistes puis par le groupe du Sentier lumineux interdit toute recherche approfondie.

### SACS EN FIBRES DE ROSEAU

Or, depuis une dizaine d'années, l'archéologie péruvienne met les bouchées doubles pour rattraper le temps perdu. En 1994, Ruth Shady Solis, une archéologue américaine explore le secteur et découvre que les monticules de terre présents à Caral cachent en réalité les ruines de gigantesques pyramides. Elle en découvre une quarantaine, deux places circulaires encaissées dans le sol, un amphithéâtre, des petites maisons de pierre et de bois, le tout réparti sur 65 hectares. Une découverte pour le moins inattendue, qui sera complétée par des

A sa plus belle époque, Caral s'enorgueillissait de ses six grandes pyramides.

nent des canaux d'irrigation. La présence de six grandes pyramides baignées de lumière blanche, entourées d'une trentaine de pyramides plus modestes, pourrait laisser supposer que cette scène se déroule en terre égyptienne. En réalité, elle se situe à des milliers de kilomètres du royaume des pharaons. Nous sommes en Amérique du Sud, dans l'actuel Pérou, à 200 km de Lima et à 23 km à l'intérieur des terres. Et Caral n'a rien à envier à Saqqarah : ses pyramides sont contemporaines de la fameuse pyramide à degrés du roi Djoser (III<sup>e</sup> dynastie, 2700-2620 av. J.-C.), que l'on supposait la plus ancienne au monde.

Les pyramides de Caral et la cité qui les abrite viennent d'être datées par une équipe d'anthropologues américains et péruviens qui publient le résultat de leurs recherches dans la revue *Science* (n° 5517). Une série de datations au carbone 14 sur des fibres de végétaux prélevées dans les ruines de

**Les Egyptiens ne sont pas les seuls inventeurs des pyramides. Celles de Caral comptent parmi les plus anciennes au monde. La cité péruvienne offre une vue imprenable sur les quarante siècles... qui précéderont l'arrivée des conquistadors !**



A. MEYER

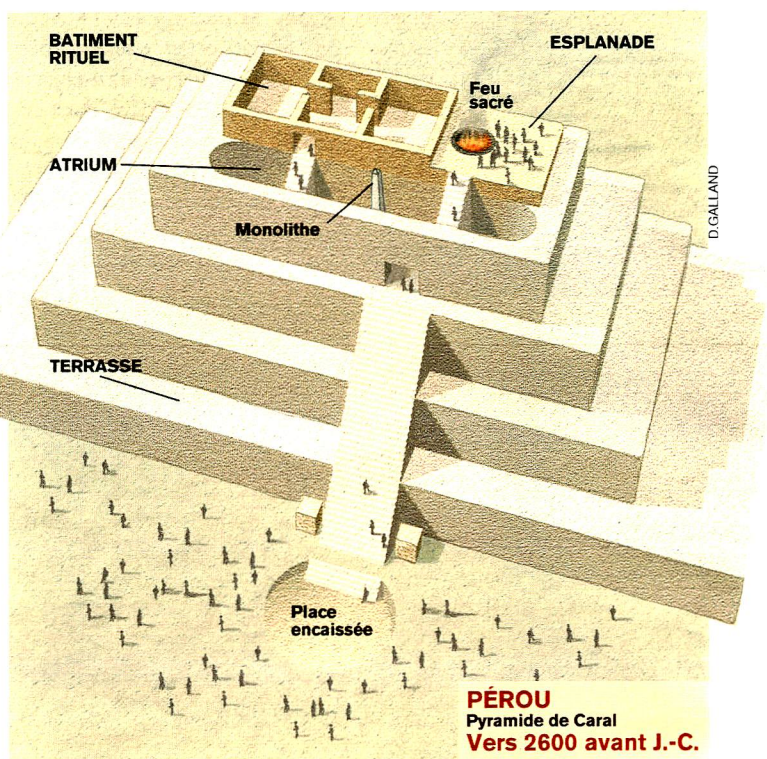


campagnes de fouilles dont la dernière vient de s'achever.

Les six grandes pyramides s'organisaient en cercle autour de l'immense place publique. Tronquées au sommet, de facture primitive, elles étaient bâties en terrasses étagées (voir dessin ci-contre). Les murs porteurs en pierres taillées étaient recouverts de plâtre de teintes pastel. Des pierres et des galets provenant de la rivière étaient transportés dans des sacs en fibres de roseau et déposés tels quels pour combler les volumes internes de la pyramide. Ce sont ces sacs qui ont servi aux datations.

### LA CITÉ SAINTE

La pyramide principale, la "Piramide Mayor", possédait des dimensions vertigineuses. Sa base de 160 m par 150 m (l'équivalent de plus de trois terrains de football) soutenait l'ensemble de la structure haute de 18 mètres. Au sommet, une esplanade, accessible par un grand escalier, comportait un réceptacle destiné à entretenir les feux sacrés, ainsi qu'un petit bâtiment de plusieurs pièces construit en pierres volcaniques, assemblées avec du mortier. Dominant la grande place et visible de tous, cette terrasse était probablement utilisée pour des rituels religieux. Il semble que toute la ville, la "ciudad Sagrada" (la cité Sainte), comme la sur-



**PÉROU**  
Pyramide de Caral  
Vers 2600 avant J.-C.

### La "Piramide Mayor"

La pyramide principale possède des dimensions impressionnantes. Sa base de 160 m par 150 m soutient l'ensemble de la structure haute de 18 m. Un escalier part d'une place encaissée et mène à l'atrium, réservé à des réunions privées. Au sommet, l'esplanade comportait un réceptacle pour accueillir un feu sacré, ainsi que plusieurs pièces en roches volcaniques. Dominant la grande place et visible de tous, cette terrasse était probablement utilisée pour des rituels religieux.

Le temple possédait également une esplanade pouvant accueillir une vingtaine de personnes.

Sa construction ne fut possible qu'au prix d'une coordination des

sociales », énonce Rocio Aramburú, le directeur des fouilles, dans un article de *Newsweek* du 7 mai dernier. Des bâtiments juchés au sommet des petites pyramides auraient hébergé les classes les plus influentes. Les classes moyennes se seraient logées dans des maisons d'adobe (brique de terre séchée au soleil). A la périphérie de la ville, des cabanes de bois, de rotin et de boue auraient servi à loger paysans, serviteurs, et tireurs de pierres pour la construction des temples.

Ces découvertes vont contraindre les historiens à réécrire plusieurs pages de l'histoire du peuplement du continent sud-américain. En effet, la plupart des spécialistes pen-

## La base de la pyramide équivaut à plus de trois terrains de football

nomme Ruth Shady Solis, ait été fondée dans un but religieux. Situé au sud-ouest de la grande place, un complexe cérémoniel surnommé le "Temple de l'amphithéâtre" rassemblait une place circulaire encaissée, de 29 mètres de diamètre, faisant face à une petite pyramide.

moyens et des hommes impliquant une grande organisation, une cohésion sociale forte, une société très hiérarchisée, avec ses bâtisseurs, ses artisans, ses maîtres d'œuvre et d'ouvrage...

« Les habitants de Caral auraient commencé par établir des classes





**MEXIQUE**  
Pyramide de Téotihuacan  
250-650 après J.-C.

ANCELLE/GRAPHO

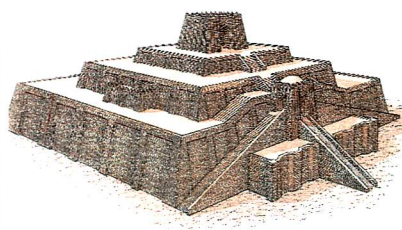
## Sur tous les continents

L'une des plus anciennes pyramides est celle du pharaon égyptien Djoser, à Saqqarah. En Mésopotamie, les premières pyramides furent construites par les Sumériens, à Our, à l'embouchure de l'Euphrate. Au Mexique, les Olmèques érigèrent celle de Téotihuacan.



S.A. MORGAN/CORBIS SYGMA

**EGYPTE**  
Pyramide de Saqqarah  
2700-2620 avant J.-C.



EDITORIAL DEBATE

**MÉSOPOTAMIE**  
Pyramide d'Our  
2112-2095 avant J.-C.

saient que les premières sociétés élaborées étaient apparues à proximité des côtes du Pacifique pour s'étendre ensuite vers l'intérieur des terres. Or, le site de Caral montre le contraire. A cette époque, beaucoup de peuplades andines vivaient dans de petits villages côtiers. Qu'est-ce qui a poussé ces pêcheurs à s'enfoncer dans des terres arides pour fonder la première grande ville du continent ? Les territoires traversés par la Supe étaient, certes, faciles à irriguer et ils offraient des terres fertiles pour les cultures de courges, de haricots ou de goyaves. Par ailleurs, Caral a prospéré pendant six cents ans (de 2627 à 2020 avant J.-C.) grâce à une économie fondée sur la culture du coton. A en croire Ruth Shady Solis, les habitants de Caral et les pêcheurs qui vivaient sur les côtes du Pacifique, à une vingtaine de kilomètres de la cité, échangeaient technologies, ali-

ments et matières premières. Caral marchandait son coton, fort utile pour la fabrication de filets de pêche, contre du poisson. C'est ce qui explique l'abondance d'arêtes de sardines et d'anchois fossilisés retrouvés dans la cité.

### OFFRANDES HUMAINES

Caral fut ainsi le centre névralgique de toute la vallée de la Supe, qui s'étend sur 90 km depuis la côte Pacifique jusqu'aux sommets des Andes et qui regroupe dix-sept autres sites précéramiques (antérieurs à l'apparition de la poterie). La civilisation de cette vallée a ouvert la voie aux Incas qui ont régné bien plus tard sur les Andes (du XIII<sup>e</sup> au XVI<sup>e</sup> siècle) jusqu'à l'arrivée des premiers Européens. Certes, aucun lien de parenté ne peut être établi entre les habitants de Caral et les Incas, que séparent plus de trois mille années. Cependant, la

civilisation inca qui s'installa dans cette région partage quelques traits avec la civilisation de Caral. La vieille cité abrite en effet des restes d'offrandes humaines, notamment un bébé de moins de 1 an, enveloppé dans une natte de jonc et enterré sous un mur de la pyramide la plus à l'ouest. Les deux cultures ont également en commun l'utilisation de foyers destinés à brûler des offrandes... Dernière découverte de taille, qui complète ce surprenant inventaire, la mise au jour de deux monolithes oblongs de 1,70 m de hauteur, dressés sur les esplanades de l'amphithéâtre et de la pyramide Mayor. Ces pics de pierre, qui symbolisaient la prise de possession du premier ancêtre sur le territoire, fleurirent un peu partout au Pérou jusqu'à la conquête espagnole. Preuve s'il en est que Caral est une racine de la culture andine...



# Le blues du génome

Le séquençage de l'ADN humain pose finalement plus de questions qu'il n'en résout. Pour tenir ses promesses, notamment thérapeutiques, la génétique doit encore percer le secret des protéines. Le chemin du gène au médicament sera long et semé d'embûches.

**I**l y a un an, la société privée américaine Celera Genomics et le consortium public international Human Genome Project (HGP) publiaient, à quelques semaines d'intervalle, leurs premières versions respectives de la séquence du génome humain, c'est-à-dire de l'ordre d'enchaînement des éléments (les "bases") constituant notre ADN (voir *Science & Vie* n° 993, juin 2000). A l'exception d'une minorité de chercheurs, la communauté scientifique saluait alors sans retenue la prouesse et faisait part de ses espoirs : après avoir enfin déchiffré le fameux "livre de la vie", on allait pouvoir se lancer dans la traduction des mots et des phrases qu'il renferme, c'est-à-dire identifier la multitude de protéines dont la fabrication est contrôlée par les gènes.

Avec, en ligne de mire, la compréhension des fonctions biologiques et le défrichage de nouvelles pistes thérapeutiques contre les grands fléaux, tels le diabète, le cancer, la maladie d'Alzheimer.

## ADN, DERNIÈRES VERSIONS

Un an après, le ton a changé. «Grande complexité du génome», «modestie nécessaire des chercheurs», «futur imprévisible»... Voilà, aujourd'hui, les propos de ceux qui pronostiquaient il y a peu un avenir radieux. Que s'est-il passé entre-temps ? Essentiellement la parution de deux énièmes décryptages intermédiaires du génome humain. Le consortium public est à l'origine du premier article. Dans un dossier spécial de 145 pages publié le 15 février 2001 par la prestigieuse revue *Nature*, le HGP livre

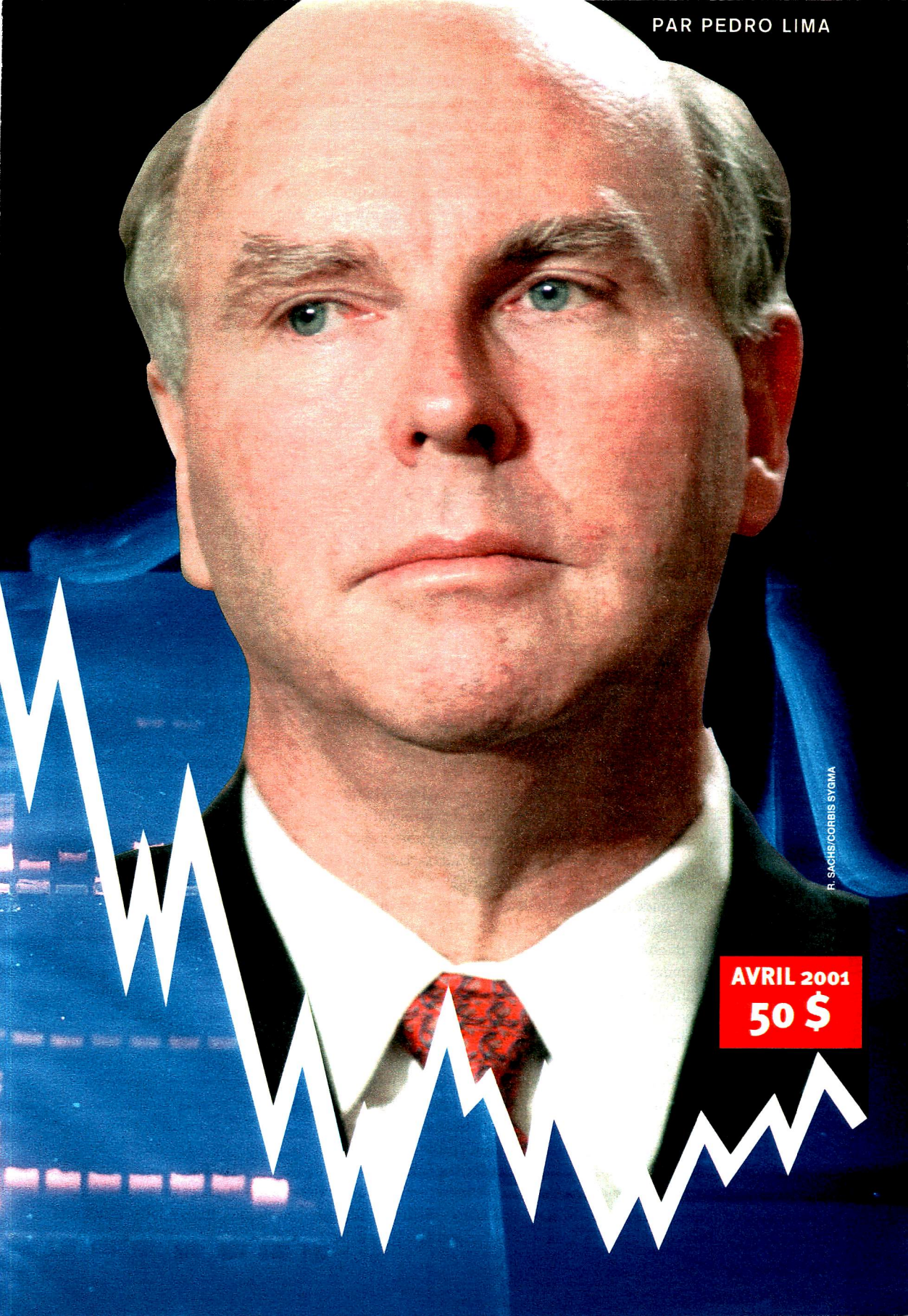
MARS 2000  
300 \$

## Sanction des marchés financiers

Celera Genomics, la société de Craig Venter, dégringole à Wall Street... comme la plupart des sociétés de biotechnologies. Les investisseurs se lassent de ne pas voir les recherches se concrétiser sous forme de traitements commercialisables.



PAR PEDRO LIMA



F. SACHIS/CORBIS SYGMA

AVRIL 2001

50 \$



une séquence incomplète mais précise (la version définitive est pour 2003), et offre en prime le poster de nos 23 paires de chromosomes. Le lendemain, réplique de Celera Genomics dans la non moins prestigieuse revue *Science*, sous la forme d'une série d'articles cosignés par 283 auteurs (!), avec la séquence « complète à 95 % » du génome. Impressionnant ? Certes, mais les informations contenues dans ces nouvelles versions (et les analyses que l'on a aussitôt commencé à en faire) soulèvent plus de questions qu'elles n'en résolvent.

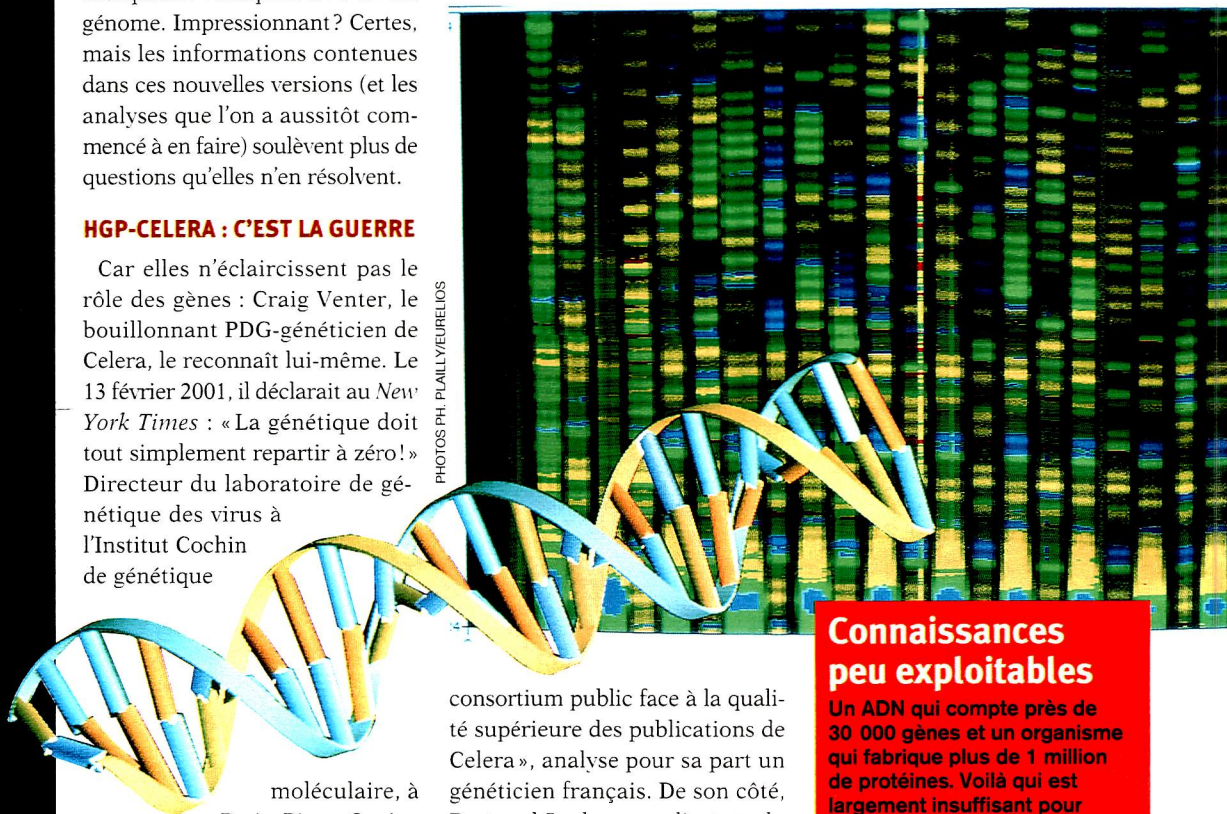
### HGP-CELERA : C'EST LA GUERRE

Car elles n'éclaircissent pas le rôle des gènes : Craig Venter, le bouillonnant PDG-généticien de Celera, le reconnaît lui-même. Le 13 février 2001, il déclarait au *New York Times* : « La génétique doit tout simplement repartir à zéro ! » Directeur du laboratoire de génétique des virus à l'Institut Cochin de génétique

livraison de mars de *Médecine Sciences*, Jean Weissenbach, directeur du Genoscope (le Centre national de séquençage, basé à Evry et engagé dans le consortium public). Et il n'hésitait pas à qualifier « d'escroquerie » l'annonce de l'entreprise américaine. « Ces attaques masquent mal le dépit du

de génétique humaine à l'Institut de biologie de Lille, qui raconte sa dernière mésaventure : « Nous avons localisé un gène de prédisposition à l'obésité sur le chromosome 2. En avril, afin de l'étudier plus précisément, j'ai cherché sa séquence dans le décryptage du HGP. Elle ne s'y trouvait pas. J'ai

PHOTOS PH. PAILLY/EURELIS



moléculaire, à Paris, Pierre Sonigo prévoyait que la séquence du génome ne serait pas directement exploitable, mais il compatit : « Pour ceux qui s'attendaient à une révélation, ce fut une déception, même si l'importance du séquençage n'est pas remise en cause. »

L'heure est donc à la déprime. Qui plus est, sur fond de guerre permanente entre les deux principaux acteurs de la compétition – Celera et le HGP. « Celera vient de faire un pas supplémentaire dans le domaine de la mystification, avec le support d'une revue de très haut niveau », disait ainsi, dans la

consortium public face à la qualité supérieure des publications de Celera », analyse pour sa part un généticien français. De son côté, Bertrand Jordan, coordinateur du projet Marseille-Génopole, préfère parler de « match nul », tout en affirmant que « la compétition était biaisée car Celera a puisé dans les bases de données du HGP pour améliorer sa séquence, alors que l'inverse était impossible ».

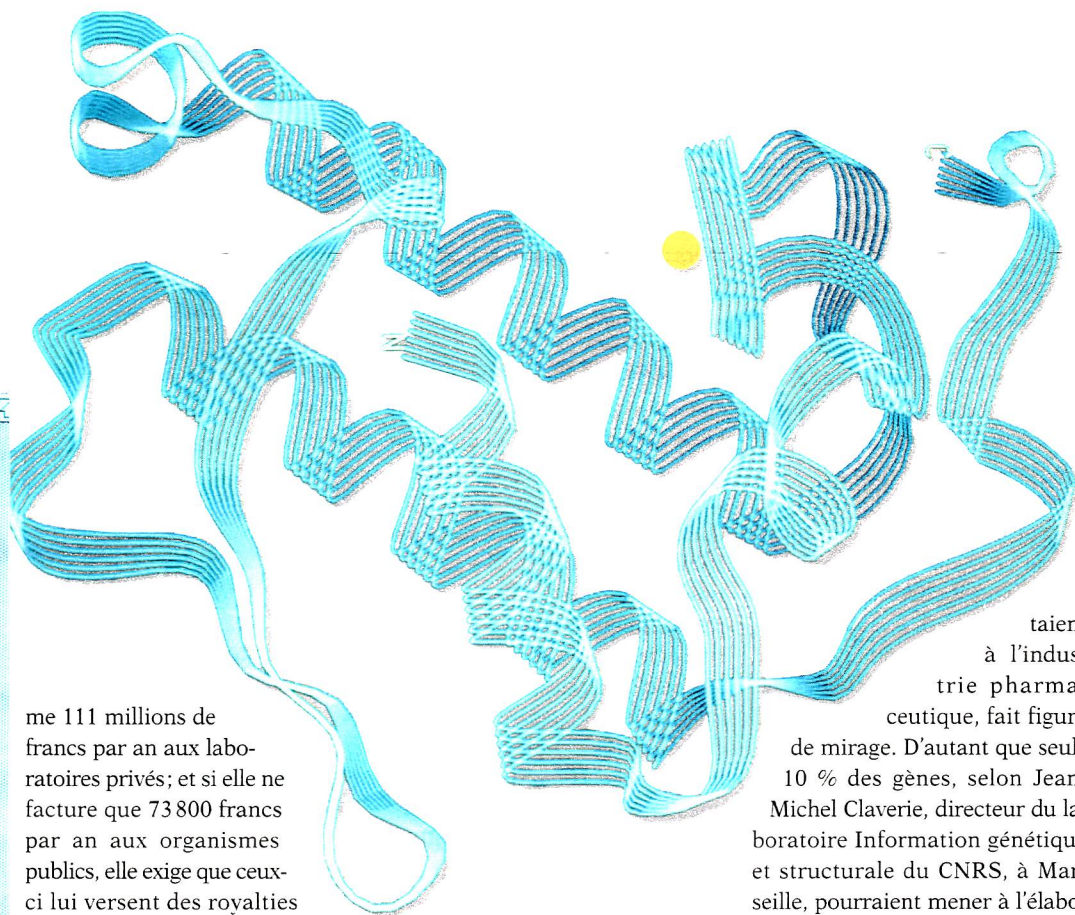
Compétition ordinaire entre deux rivaux scientifiques ? Pas si sûr, car la course aux gènes et l'incapacité des protagonistes à trouver un terrain d'entente ne sont pas sans conséquence pour les chercheurs. « Concrètement, on est dans le pétrin », résume Philippe Froguel, directeur du département

### Connaissances peu exploitables

Un ADN qui compte près de 30 000 gènes et un organisme qui fabrique plus de 1 million de protéines. Voilà qui est largement insuffisant pour établir un lien entre tel gène et telle fonction biologique. Du travail en perspective...

alors demandé à des collègues de l'université américaine Columbia, qui ont un accord avec Celera, de jeter un coup d'œil sur cette région chromosomique. Ils m'ont dit que notre gène était effectivement répertorié, mais qu'ils n'avaient pas le droit de nous en communiquer la séquence. » En effet, le décryptage du HGP peut être librement consulté sur des bases de données publiques, mais l'accès à celui de Celera est payant. La société récla-





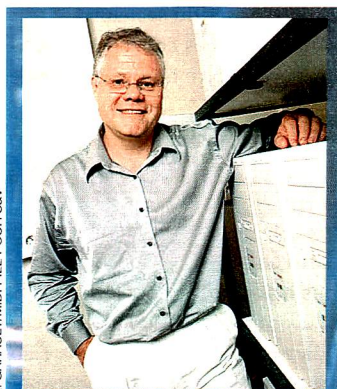
me 111 millions de francs par an aux laboratoires privés; et si elle ne facture que 73 800 francs par an aux organismes publics, elle exige que ceux-ci lui versent des royalties sur toute découverte issue de l'exploitation de sa séquence. Or, pour mener à bien ses recherches sur l'obésité, l'institut lillois, entité publique, a signé un contrat de partenariat avec la société pharmaceutique Eli Lilly. Laquelle refuse de payer la redevance demandée par Craig Venter. Résultat : cette branche des travaux de Philippe Froguel est dans l'impasse.

Dans la bagarre, le HGP et Celera s'accordent néanmoins sur un point : le très faible nombre de gènes de l'espèce humaine. Leurs travaux confirment ce qu'annonçait l'équipe de Jean Weissenbach l'an dernier : nous n'en possédons que 30 000 environ, alors que les estimations avaient longtemps varié entre 80 000 et 150 000. Et c'est en grande partie de là que vient la déception. L'Eldorado génomique, ce formidable réservoir de nouveaux médicaments que les sociétés de biotechnologies promet-

taient à l'industrie pharmaceutique, fait figure de mirage. D'autant que seuls 10 % des gènes, selon Jean-Michel Claverie, directeur du laboratoire Information génétique et structurale du CNRS, à Marseille, pourraient mener à l'élaboration de nouveaux traitements, les autres n'étant probablement pas impliqués dans les pathologies humaines : « On est parti d'une infinité d'applications et on se retrouve face à un génome modeste », fait observer le chercheur.

## L'INDUSTRIE EST-ELLE FLOUÉE ?

« Un maigre butin de 3000 gènes "cibles", voilà ce qu'auront à se partager la centaine de grosses firmes pharmaceutiques mondiales qui ont massivement investi, poursuit-il. Le combat pour accéder à la séquence de ces cibles sera impitoyable. » Les industriels avaient cru prendre de l'avance en achetant, auprès des sociétés de biotechnologies, des brevets sur des fragments de séquences génétiques appelés EST (*express sequence tag*). « C'était avant que l'on dispose du séquençage. Aujourd'hui, on va peut-être se rendre compte que plusieurs de ces brevets ne



E. GARAUULT/MIDI PILE POUR S&V

**JEAN-MICHEL CLAVERIE,  
CNRS MARSEILLE**

“ Seuls  
10 % des gènes  
pourraient  
être liés à des  
maladies ”



correspondent en fait qu'à un seul et même gène!», prévoit Rémi Houlgatte, codirecteur de l'équipe Technologies avancées pour le génome au CNRS de Marseille.

Du coup, les sociétés de biotechnologies n'ont plus le vent en poupe : le cours boursier des poids lourds du secteur, comme Myriad ou Human Genome Science, n'a cessé de dégringoler ces derniers mois. A Wall Street, l'action de Celera Genomics a plongé aux alentours de 25 dollars en avril 2001, alors qu'elle frôlait les 300 dollars en mars 2000. Début mai, celle de Genset, coté au NASDAQ (le marché américain des valeurs high-tech) et présenté comme le leader français des biotechnologies, ne valait plus que 3,65 dollars, contre 80 en mars 2000...

Dans ce marasme ambiant, certains préfèrent nier l'évidence : William Haseltine, PDG de Human Genome Science, continue à parler de 120 000 gènes et soutient que les décryptages effectués en ont simplement laissé échapper les deux tiers! «La réalité, explique Catherine Georges, spécialiste des

biotechnologies à la société de gestion parisienne Richelieu Finance, c'est que l'aventure génomique a débuté il y a une bonne quinzaine d'années et que l'on ignore toujours quand on pourra soigner des maladies importantes grâce aux connaissances issues du génome.»

### DES GÈNES ET DES HYPOTHÈSES

«Les investisseurs, notamment les actionnaires, se lassent, continue Catherine Georges. Passé les effets d'annonce, auxquels les marchés sont très sensibles dès qu'il s'agit de médicaments, les incertitudes en termes de perspectives thérapeutiques reprennent le dessus, et les cours baissent.» Même son de cloche outre-Atlantique, où une analyste financière spécialisée dans les biotechnologies confiait au *Financial Times*, le 13 février, que personne ne doutait de «l'importance scientifique du séquençage», mais que l'on n'était pas certain de pouvoir «transformer ces connaissances en revenus pour les entreprises du secteur».

Au-delà de ces conséquences financières, notre faible nombre de



A. TEZENAS/EDITING POUR S&V



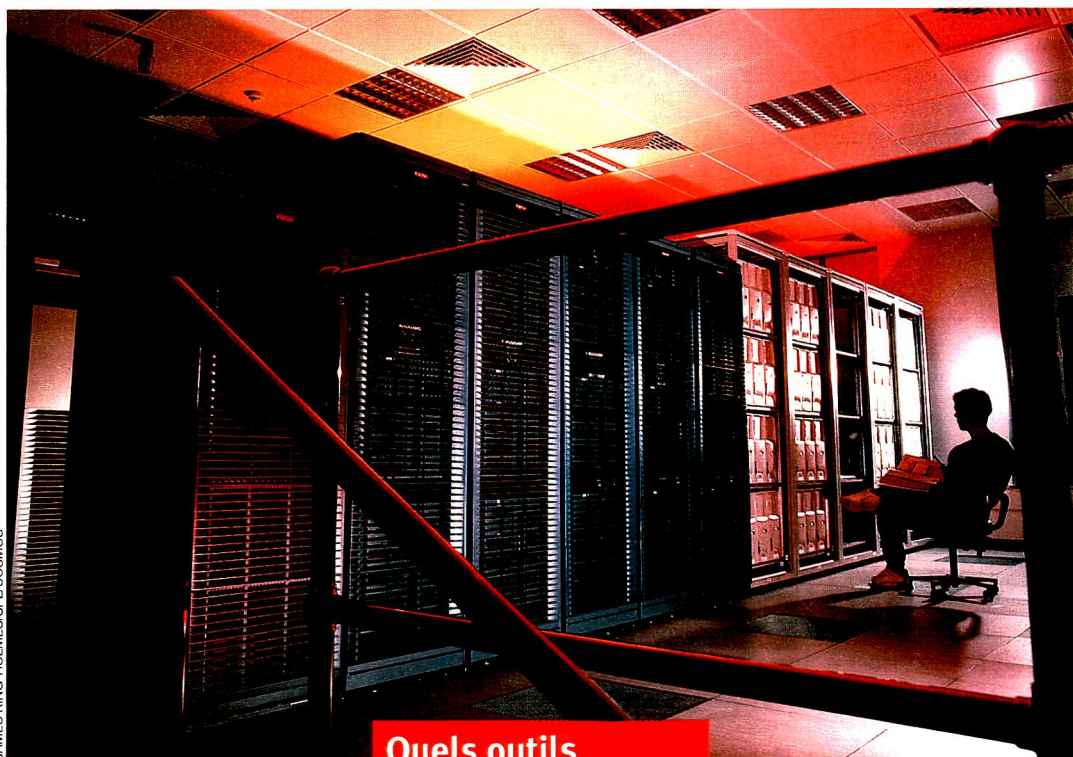
gènes pose un autre problème, scientifique celui-là, et bien plus fondamental. Comment expliquer que 30 000 gènes, soit à peine le double de ce que possède une vulgaire mouche, génèrent un orga-

## GRANDES MANŒUVRES AUTOUR DES PROTÉINES

■ L'industrie pharmaceutique, lancée sur la piste des médicaments de demain, s'intéresse en particulier à ceux qui visent les grandes maladies plurifactorielles, comme le diabète ou les cancers, car ils représentent les plus grosses parts de marché. Passage obligé : repérer dans le génome les points où, entre deux individus, la séquence varie d'un seul nucléotide (ces "bases" qui forment l'ADN). Ces différences expliquent à elles seules la diversité des êtres humains. Baptisées SNPs (*single nucleotide polymorphism*, prononcez "snips"), elles se présentent toutes les 1 000 bases environ, et on en compte 3 200 000 dans tout le génome. Or les SNPs pourraient livrer la clé des prédispositions, variables d'un individu à l'autre, aux maladies plurifactorielles. Voilà pourquoi des géants de la pharmacie (Aventis, Glaxo Wellcome...) et de

l'informatique (IBM, Motorola) ont créé le SNP Consortium, qui compte aussi des laboratoires publics, tel le Sanger Centre britannique. Objectif : identifier, d'ici à fin 2001, 300 000 SNPs et les mettre à la disposition des chercheurs. Parallèlement, chacune des sociétés impliquées dans cette aventure développe, dans le plus grand secret cette fois, des recherches en "protéomique", c'est-à-dire visant à définir le rôle de nos innombrables protéines, dont les dysfonctionnements peuvent provoquer des maladies. La firme pharmaceutique Novartis a ainsi conclu un contrat de 41 millions de dollars avec la société GeneProt, qui lui fournira l'identification de certaines protéines. Les supercalculateurs indispensables à ce décryptage viennent de chez Compaq, qui a en outre investi 10 millions de dollars dans le capital de GeneProt.





## Quels outils pour la suite ?

**Le séquençage du génome fut une course de vitesse entre supercalculateurs (ici, ceux du Sanger Center britannique, membre du HGP). Le décryptage des protéines aura surtout besoin de nouveaux modèles mathématiques et informatiques.**

nisme riche de plus d'un million de protéines ? « Et puisque beaucoup de ces gènes sont en outre les mêmes que ceux de la mouche, pourquoi ne volons-nous pas en bourdonnant ? », ironise Pierre Sonigo. La communauté scientifique n'a pas de réponse définitive. Elle se borne à émettre des hypothèses, comme celle de la "duplication segmentaire", selon laquelle certains gènes sont divisés en segments dont les multiples recombinaisons produisent autant de protéines. Autre explication avancée : des mécanismes biologiques inconnus associeraient l'action de plusieurs gènes pour synthétiser des protéines différentes. Par ailleurs, on s'interroge sur le rôle de l'"ADN-poubelle" (*junk DNA*), ainsi nommé parce qu'il semble ne remplir aucune fonction précise, mais qui représente plus de 90 % de l'ADN. Cet ADN intervient-il, d'une façon qui reste à déterminer, en activant, en inhibant ou en ré-

gulant les gènes ? Ce qui est certain, pour Jean-Michel Claverie, c'est que la complexité biologique ne tient pas au seul nombre de gènes : « Si l'on considère juste que chaque gène peut se trouver dans deux états différents, actif ou inactif, on voit bien que le nombre de "combinaisons" possibles avec 30 000 gènes est infiniment supérieur à celui que permettent des génomes animaux de 15 000 ou 20 000 gènes. Cela laisse de la place à énormément de complexité biologique supplémentaire ». Dont l'exploration demandera encore beaucoup de temps... et d'argent.

Sur ce dernier point, quelques généticiens estiment qu'il est temps

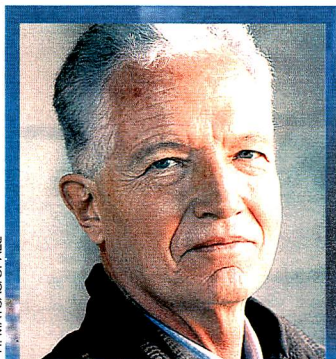
que la communauté scientifique joue franc jeu avec les investisseurs et les décideurs : « On savait depuis plusieurs années, rappelle Philippe Froguel, qu'un seul gène peut intervenir dans la fabrication de multiples protéines, que certains gènes produisent des protéines dont la fonction varie selon le tissu où elles se trouvent, et qu'il existe de l'ADN-poubelle. Le séquençage était néanmoins nécessaire. Or la majorité des scientifiques l'ont justifié par le fait qu'il pourrait permettre d'expliquer automatiquement les fonctions biologiques. En exigeant aujourd'hui de nouveaux crédits, publics ou privés, ils sont obligés de reconnaître qu'avant le séquençage ils se doutaient déjà plus ou moins que le but promis ne serait atteint qu'à l'issue d'une autre longue étape. »

Pour Pierre Sonigo, coauteur avec le biologiste Jean-Jacques Kupiec de *Ni Dieu ni gène* (Seuil, 2000), il faut aussi admettre cette réalité in-



contournable : « La théorie simpliste du “livre de la vie”, du programme génétique central capable de construire un corps humain ne tient plus. Nous sommes faits de milliards de cellules qui vivent et interagissent en nous de façon complexe; nul programme ne peut présider de façon mécanique à leur destinée. » Ce chercheur est bien placé pour savoir que le chemin du gène au médicament est long et semé d'embûches : « Sinon, pourquoi le séquençage du virus du sida, auquel j'ai participé dans les années 80, ne nous a-t-il pas permis d'élucider plus rapidement les mécanismes d'infection par le VIH ? Pourquoi les gènes de prédisposition au cancer, dont les premiers ont été découverts en 1976, n'ont-ils pas contribué à soigner des malades ? La prouesse du séquençage nous donne accès à une masse énorme de données, mais il nous manque encore un cadre théorique pour les exploiter. »

« Nous sommes effectivement à un tournant, confirme Bertrand Jordan, car la relation directe entre



PH. MATSAS/OPALE

“ Il faut remettre en question les approches du génome ”

BERTRAND JORDAN,  
MARSEILLE-GÉNOPOLE

gène et fonction biologique ne suffit plus à expliquer ce qui fait l'homme. Maintenant que nous avons réalisé le séquençage – et c'était nécessaire –, il faut remettre en question les approches du gé-

nome. Chaque protéine a un rôle dans une cascade complexe d'événements biochimiques, elle-même imbriquée dans d'autres interactions. Aujourd'hui, nous ne possédons pas les outils mathématiques et informatiques adéquats pour appréhender la quantité de données que cela représente... et pour tenir les promesses, réelles, de la génétique. » Bertrand Jordan précise que dans le domaine de la “protéomique” – analyse des structures et des fonctions protéiques –, on ne peut pas procéder comme avec l'ADN, qui possède une structure très répétitive.

### FAIRE PARLER LES PROTÉINES

« On peut découper l'ADN, en recoller les morceaux et même le faire bouillir sans qu'il perde ses caractéristiques, explique le chercheur. Rien de tel avec les protéines, bien plus fragiles et dont les structures, les formes et les fonctions sont extrêmement variées. »

Pour étudier les protéines, pas question, donc, de faire de la “cuisine”. Il faut s'en remettre à la modélisation informatique des phénomènes biologiques. Jean-Michel Claverie élabore justement des modèles permettant de prédire la fonction des protéines. Pour lui, la génétique aboutira bien, dans quelques années, à la mise au point de médicaments, notamment des anti-inflammatoires ou des traitements contre l'obésité, mais « les travaux montreront sûrement que, gène ou pas, certaines maladies complexes et plurifactorielles sont tout simplement incurables ». La protéomique saura-t-elle transformer en révolution scientifique et médicale l'essai marqué par la génomique ? Il faut le souhaiter, pour le bien-être de l'homme, et aussi pour que l'opinion n'aille pas jusqu'à rejeter la génétique du fait de promesses répétées mais trop rarement tenues. ■

## TESTS GÉNÉTIQUES : LE ROYAUME-UNI RECULE

■ Les médicaments directement issus de la connaissance du génome se feront attendre, mais les tests génétiques de prédisposition à des maladies (monogéniques ou plurifactorielles) sont déjà en plein essor. Leur intérêt est indéniable quand il s'agit de détecter une maladie grave chez un embryon, ou de dépister chez une personne une mutation qui affecte déjà des membres de sa famille. Leur application aux domaines du recrutement (cela se fait parfois aux Etats-Unis ou au Danemark) ou des assurances présente en

revanche des risques de dérive élevés. Au Royaume-Uni, la commission Génétique humaine du gouvernement appelle les ministres à imposer un moratoire sur l'usage de ces tests. Et, déjà, l'association des assureurs britanniques a décidé de mettre un frein à ce procédé, alors qu'elle avait laissé ses membres y recourir pour évaluer le risque de survenue de maladies graves chez leurs clients. Le Royaume-Uni se rapproche ainsi de la France, où un tel moratoire a été mis en place, à l'initiative des assureurs, jusqu'en 2004.





CAMPARI : sucre, alcool, plantes aromatiques, colorant E 120.

CAMPARI SUR GLACE:  
1/2 Campari, une rondelle d'orange, des glaçons.

L'ALCOOL ROUGE.

L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ, CONSOMMEZ AVEC MODÉRATION.



## Une espèce aux abois

Leurs habitats naturels sont menacés (ci-dessous). Les vieux mâles à face de lune, jusqu'à 100 kg. Vers l'âge de 20 ans, ils acquièrent des joues épaisses et un sac pharyngé qui leur permettent de marquer leur territoire de leur cri.





# Le crépuscule de l'orang-outan

Bornéo et Sumatra n'abriteront peut-être bientôt plus d'orangs-outans.

La déforestation, les guerres civiles réduisent dramatiquement leur habitat.

Paradoxalement, l'avenir de l'espèce pourrait reposer sur la réintroduction d'individus volés à leur propre milieu.

« **S**i la gestion anarchique des forêts primaires d'Indonésie continue au rythme actuel, elles seront totalement détruites en 2005 à Sumatra, et en 2010 au Kalimantan, la partie indonésienne de Bornéo. » Ces prévisions sont sinistres, déprimantes. On refuse d'y croire. Pourtant c'est la très sérieuse revue américaine *Science* qui, le 4 mai dernier, relayait l'appel désespéré de Paul Jepson, géographe à l'université d'Oxford (Royaume-Uni), et de quelques autres scientifiques.

Hormis la perte désastreuse

que signifierait la destruction des « biotopes les plus riches de la Terre », selon Paul Jepson, c'est l'extinction de l'un de nos plus proches cousins qui est aujourd'hui en jeu. Les forêts pluviales (tropicales) de Sumatra et de Bornéo sont en effet les derniers sanctuaires de *Pongo pygmaeus*, le paisible et solitaire orang-outan, dont le nom signifie « homme de la forêt », en malais.

Tout semble se liguer contre ce grand singe : l'exploitation des forêts primaires pour le commerce de bois tropicaux ; les terribles incendies de 1997-1998, qui ont ravagé des millions d'hectares de

NATIONAL GEOGRAPHIC/STOCK IMAGE



leur habitat en Indonésie, dont 2,7 millions pour la seule province du Kalimantan oriental, et qui reste l'un des pires désastres écologiques du  $xx^e$  siècle selon l'Organisation des Nations Unies; les défrichages sauvages qui font place nette, par exemple, aux juteuses plantations de palmiers à huile; les déplacements forcés de population en provenance des îles surpeuplées de Java ou de Madura

avait 300 000 au  $xix^e$  siècle, quand les forêts recouvraient la quasi-totalité de Sumatra et de Bornéo – ne seraient plus que de 12 à 15 000. « C'est bien trop peu », déplore Jan Van Hooff, socio-éthologue à l'université d'Utrecht (Pays-Bas), l'un des pionniers de l'étude des orangs-outans sauvages du Parc national du Gunung Leuser, au nord de Sumatra, « 15 000 individus, cela signifie environ 7 500 ani-

vages, « les pertes s'élèvent à environ 1 000 individus en 1998 et autant en 1999 », souligne Carel van Schaik, professeur d'anthropologie à l'université Duke de Durham (Caroline du Nord). « Leur nombre a chuté de 12 000, en 1993, à 6 000 l'an dernier. A ce rythme, ils pourraient s'éteindre sur l'île de Sumatra en moins de dix ans. »

L'un des plus grands drames pour ces primates, comme pour leurs cousins d'Afrique, est de vivre dans un pays pauvre, surpeuplé, ravagé par les guerres civiles et la corruption. L'Indonésie, peuplée de 200 millions d'habitants, est une immense mosaïque d'îles, d'ethnies et de religions. En 1998, le général Suharto après trente ans de règne, a laissé son pays dans le chaos politique et économique. Et aujourd'hui, le gouvernement central a d'autres priorités que de faire respecter la protection de la nature et celle des espèces en danger. A Bornéo, il faut résoudre les heurts entre immigrés et population locale. Au nord de Sumatra, dans la province d'Atjeh, qui compte 4 millions de musulmans pieux, l'armée doit faire face à une insurrection indépen-

## On ne compte plus que de 12 à 15 000 orangs-outans

vers Bornéo, qui prennent encore sur leur territoire; le braconnage destiné au marché noir des bébés orangs-outans, peluches humanoïdes très prisées à Taïwan (1)...

Résultat: les orangs-outans, qui n'étaient déjà plus que 25 000 au début des années 1990 – il y en

maux reproductifs (à l'âge de 8-10 ans) soit 3 750 femelles. L'intervalle entre deux grossesses étant d'au moins huit ans, le plus long parmi les primates non humains, il ne naîtra désormais qu'environ 500 bébés par an. Or, avec 500 nouveau-nés, dont une certaine sera probablement "kidnapée", le taux de renouvellement de l'espèce n'est plus assuré. »

Car, dans la seule forêt du Leuser, où se concentre la plus grande population d'orangs-outans sau-

(1) Un bébé orang-outan est vendu 50 dollars sur le terrain, il en vaut 300 à Jakarta, capitale de l'Indonésie, 5 000 à Taïwan, plaque tournante du commerce, et près de 25 000 aux Etats-Unis.

### Les ravages de l'homme

Décimées par les incendies et les coupes, les forêts primaires habitées par l'orang-outan disparaissent au profit, notamment, de cultures intensives de palmiers à huile.





## Une longue enfance

Le bébé orang-outan est allaité pendant trois ans et sa mère s'en occupe jusqu'à l'âge de 7 ans. Le temps de lui apprendre à s'orienter, à construire un "nid" pour le repos, à choisir ses aliments parmi les fruits, les feuilles, les fibres, les écorces, les insectes...

dantiste. L'insécurité est telle dans cette région que le gouvernement a fermé, en septembre 1999, la station de Ketambé, créée en 1972 au Gunung Leuser par Herman Rijkssen, aujourd'hui primatologue de renommée mondiale. Située au cœur d'une forêt de 1 million d'hectares, elle avait réussi à préserver un îlot de verdure. Mais aujourd'hui, les bûcherons ont entamé ce dernier bastion. Plus au sud, à Suaq Balimbing, la situation n'est guère meilleure. Carel van

Schaik avait jeté son dévolu sur cette forêt très humide, grouillante d'insectes, enfer des chercheurs mais paradis de la plus grande population d'orangs-outans.

### TUÉS PAR LES PAYSANS

Dans cette région, les primates font preuve d'une plus forte socialisation qu'ailleurs, sans doute grâce à l'abondance de nourriture; on a même pu observer des individus manier des outils. Mais depuis deux ans, les bûcherons, la cultu-

re sur brûlis et les incendies ont déjà détruit des centaines d'hectares de cette forêt.

A Bornéo comme à Sumatra, les autorités locales, souvent corrompues, laissent faire: tel commandant de police confisque le bois scié et débardé illégalement pour le vendre lui-même dans des circuits parallèles. En effet, des bandes mobiles de bûcherons pillent les concessions forestières que les sociétés propriétaires se hâtent alors d'exploiter pour les prendre de vitesse. Dans cette course au profit, qui entaille la forêt au mépris des limites des parcs nationaux, le grand perdant est ce patrimoine unique de forêts pluviales: plus de 200 espèces d'arbres à l'hectare, certains sont



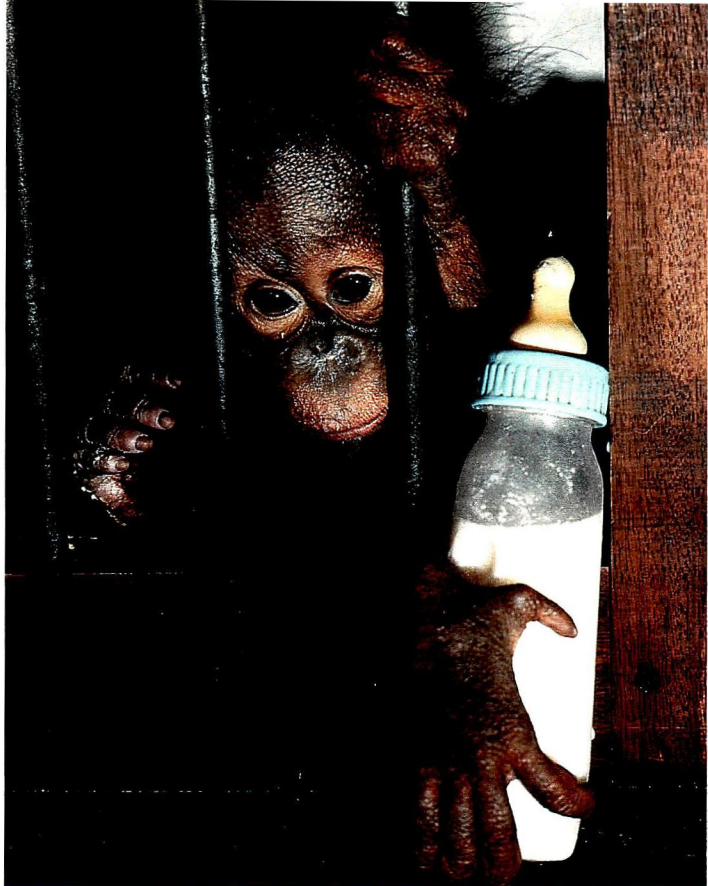


multicentenaires, d'autres ont un bois dense comme du fer, beaucoup s'élèvent à 40 voire 60 m de haut (Koompassia, Dipterocarpus, Durio...). A l'étage plus dense des lianes biscornues et des arbres de 20 à 30 m, se balancent nos grands cousins qui se déplacent à l'aide de leurs quatre "mains", loin du sol et des prédateurs – serpents, léopards, tigres... et hommes! Quand le feu ou la faim poussent ces grands ermites roux en terrain dé-

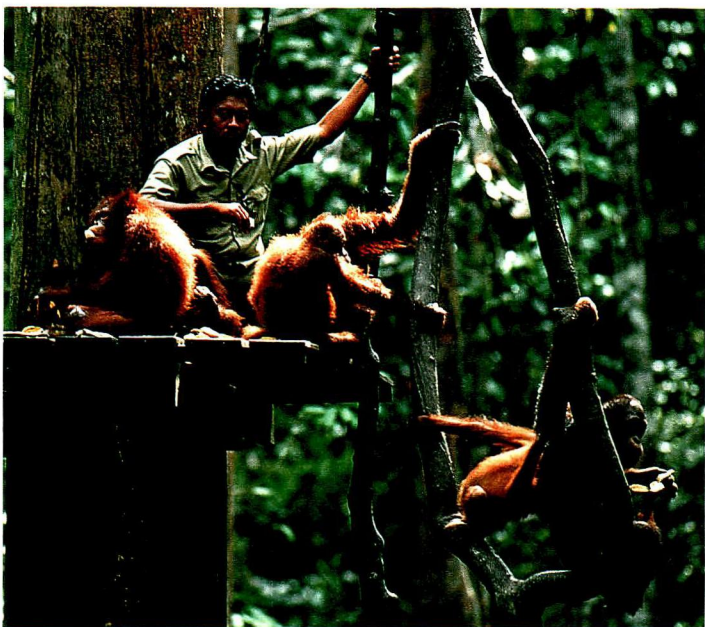
## Des "peluches humanoïdes" très prisées

couvert, les paysans les tuent impunément, sous prétexte de protéger les plantations, les rizières et autres cultures. Piètres marcheurs, les orangs-outans sont des cibles faciles. Les femelles sont souvent accompagnées d'un petit qui, selon l'âge, est accroché à leur ventre ou à leurs basques. Celui-ci est capturé et vendu au marché noir des animaux de compagnie, ou simplement tué s'il est trop grand ("adolescent" vers 7 ans, il pèse alors de 20 à 30 kg).

Parfois, les autorités appliquent la loi – l'orang-outan est protégé depuis 1963 et la chasse, la détention ou la vente de son petit est passible de prison et d'amendes. Elles envoient les bébés "confisqués" dans des centres de "réhabilitation". L'un des plus anciens, le Camp Leakey, à Tanjung Puting (Bornéo), fut créé grâce à Birute Galdikas, la troisième "déesse" du célèbre anthropologue Louis Leakey, qui confia à Dian Fossey l'étude des gorilles et à Jane Goodall celle des chimpanzés. Aujourd'hui, à Bohorok (Sumatra) ou à Sepilok (Sabah, Malaisie), c'est surtout l'écotourisme qui profite de la dif-



SEITZ/BIOS



F. LANTING/MINDEN PICTURES

## Réadaptation difficile

Les bébés orangs-outans font l'objet d'un commerce florissant, bien qu'illégal. Quand ils sont repris à leurs "maîtres", on les confie à des "centres de réhabilitation". Autrefois placés dans des cages individuelles (photo du haut), ils sont aujourd'hui réadaptés à la vie sauvage en collectivité avant d'être relâchés en forêt. Avec un succès mitigé...



A close-up photograph of an orangutan hanging from a thick, vertical tree branch. The orangutan's mouth is wide open in a yawn or a call, showing its teeth and tongue. Its right arm is firmly gripping the branch, while its left arm is extended upwards. The background is a blurred, sun-dappled forest canopy, suggesting a tropical environment. The lighting is bright, highlighting the texture of the orangutan's reddish-brown fur.

## Arboricole avant tout

Diurne et solitaire, l'orang-outan passe le plus clair de son temps à se nourrir, à se reposer et à se déplacer dans les arbres.



ficile réinsertion des captifs. Ceux qui survivent passent directement de cages individuelles, où ils sont nourris de nouilles et de riz et ont un maximum de contacts avec les humains, à la grande forêt. N'ayant pas bénéficié de leurs sept années d'éducation maternelle, ils errent autour du camp, mendiant auprès de touristes réjouis la nourriture qu'ils sont incapables de trouver par eux-mêmes.

### LE STATUT DE "PATRIMOINE MONDIAL DE L'HUMANITÉ"

Tenter de les réintroduire dans leur habitat naturel, là où survivent des orangs-outans sauvages, est une erreur qui appartient désormais au passé. On s'est aperçu qu'ils leur communiquaient les maladies de l'homme (tuberculose, hépatites...) et les concurrençaient pour la nourriture.

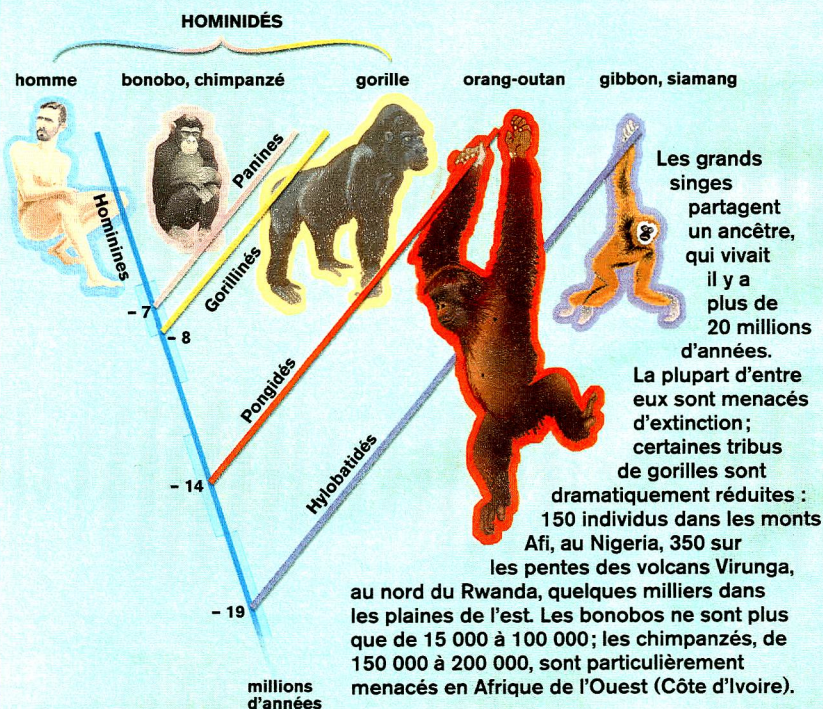
Dans l'est du Kalimantan, dans le centre de Wanariset, créé en 1991 par le botaniste néerlandais Willie Smits – aujourd'hui indonésien par affinité et par mariage – on évite au maximum les contacts avec les humains, d'une part, et avec les orangs-outans sauvages, d'autre part. Financé par des fonds privés comme ceux de la Balikpapan Orangutan Society, il rassemble les petits orphelins, après une mise en quarantaine, dans une grande cage de socialisation. Sur les 700 individus recueillis depuis 1991, 82 ont été libérés dans la forêt proche de la ville, où une quarantaine survit et se reproduit. Depuis 1997, c'est la forêt montagneuse de Meratus, située à 160 km au nord-ouest de Wanariset qui en a ac-

## Pourquoi il faut protéger les

■ Le spectacle des grands singes dans la nature est, pour un être humain, une expérience profondément émouvante. Sans doute parce qu'ils évoquent en nous quelque chose de primordial, d'originel... et de dramatique. Sans doute aussi parce que, dans la forêt, on a l'impression que ce sont eux qui nous regardent ! Quand auront disparu orangs-outans, gorilles, bonobos et chimpanzés, ce ne sera pas seulement la fin d'une captivante beauté mais aussi celle de "coutumes", de "cultures", dignes d'intérêt. En juin 1999, *Nature* créait l'événement en publiant un article intitulé "Cultures in chimpanzees". Cette étude

recense et compare les coutumes, alimentaires ou autres, observées chez sept communautés africaines de chimpanzés. Les primatologues ont constaté que ces communautés se distinguaient par nombre de comportements. Ainsi à Mahale, en Tanzanie, un groupe pratique la "pêche" aux termites, en se servant d'une baguette façonnée à cet effet, puis délicatement introduite dans une termitière ; il applique un procédé similaire pour attraper des fourmis. Un autre groupe ne pratique que la pêche aux fourmis. A Bossou, en Guinée, les chimpanzés savent broyer des végétaux avec une sorte de pilon. Ils ont

### Tous cousins





# grands singes

aussi coutume de casser les noix en les posant sur une pierre et en les frappant avec une autre pierre. A Taï, en Côte-d'Ivoire, ils utilisent des marteaux et des enclumes de bois ou de pierre pour accomplir la même tâche. Les chimpanzés diffèrent par bien d'autres coutumes. Pour qui tente de comprendre comment s'édifient techniques, cultures et sociétés, ou encore comment sont apparus la politique, le mensonge, le machiavélisme, la guerre, le sourire, le baiser, la réconciliation, la conscience, comment est né le langage humain, les grands singes sont de précieux et irremplaçables témoins. Ils sont une fenêtre ouverte sur nos origines parce qu'ils partagent avec nous des ancêtres communs. Ils présentent un étonnant degré de proximité génétique avec les humains : environ 99 % d'ADN semblable entre un chimpanzé et un être humain. Nous sommes bel et bien des grands singes parlants. La forêt est souvent l'habitat, fragile, de ces hominoïdes. Et leur devenir est étroitement lié

à celui de la situation sociopolitique du pays. D'ailleurs, quand les humains vont mal, les grands singes souffrent. En République démocratique du Congo (ex-Zaïre), ravagée par la guerre, les chasseurs se sont remis à tuer des bonobos, qu'ils respectaient auparavant, parce qu'il y a là-bas un besoin urgent de viande, tout simplement. Une véritable protection ne saurait s'inscrire que dans le cadre d'une aide efficace au développement des régions concernées. La sauvegarde des grands singes est un test pour les pays riches. Si ces primates disparaissent, grande sera la tentation de baisser les bras. *Homo sapiens* pourra alors continuer à scier l'arbre de l'évolution sur lequel il est installé. A moins que chacun ne prenne enfin conscience de sa solidarité fondamentale avec les autres êtres vivants. Vaste programme, assurément. Pendant ce temps, les massacres continuent.

JEAN-FRANÇOIS BOUVET\*

(\*) Biologiste, auteur de *La Stratégie du caméléon*, Le Seuil, 2000 (voir *Science & Vie* n° 995, p. 154).

cueilli une centaine. Emmanuelle Grundmann, une jeune étudiante française, s'emploie à y mesurer leur adaptation. Le matin, elle quitte sa cabane à 4h30 pour se poster sous le "nid" d'un réhabilité jusqu'à son réveil, vers 6h30. Puis elle suit ses pérégrinations dans la forêt, usant de la machette pour frayer son chemin et du stylo pour noter ce qu'il mange, comment il se déplace, où et avec quoi il fait son nid (une plate-forme végétale construite en quelques minutes pour la nuit

ou la "pause" de midi). « Depuis que le centre a acheté une parcelle de forêt où les petits s'exercent à grimper aux arbres – une grande cour de récréation en quelque sorte –, les orangs-outans s'adaptent très bien, constate-t-elle, visiblement émue par ses protégés. « Ils ont tous un visage et un caractère différent », dit-elle en montrant la photo de Mono, son préféré, un mâle de 9 ans, joueur comme un clown. « Mais il est difficile de sensibiliser l'opinion dans un pays où

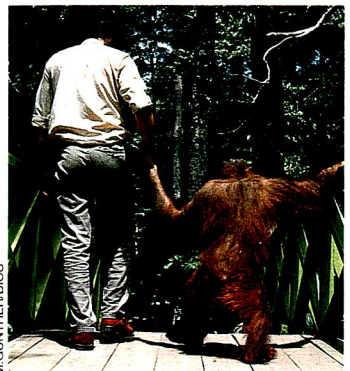
la population souffre de conditions de vie difficiles. Certains ne travailleront à la réhabilitation des orangs-outans que s'ils gagnent plus qu'en coupant leurs arbres... »

En clair, sauver les pongidés et les forêts pluviales est une préoccupation essentiellement occidentale. Les Etats-Unis ont rassemblé 1,5 million de dollars dans le cadre de la loi américaine 2000 pour la conservation des grands singes (Great Apes Act). La Wildlife Conservation Society, à New York, appelle à un moratoire sur l'exploitation des forêts primaires en Indonésie ; en outre, le 21 mai dernier, les Nations unies ont lancé le GRASP (Great Apes Survival Project) et lui réservent un budget qui devrait atteindre 1 million de dollars. La Nouvelle-Zélande a inscrit dans sa Constitution que les grands singes ont les mêmes droits que l'homme. Enfin, l'International Primatological Society, présidée par le Japonais Toshi Nishida, essaie d'obtenir de l'Unesco qu'on leur attribue le statut de "patrimoine mondial de l'humanité". ■

.....

POUR EN SAVOIR PLUS : *Orangutans*, d'Anne Russon, éd. Key Porter Books ; *Souvenirs d'Eden*, de Birute Galdikas, éd. Belfond ; *Our Vanishing Relative*, de Herman Rijkssen, éd. Tropenbos ; *Classification phylogénétique du vivant*, Guillaume Lecointre, Hervé

Le Guyader, éd. Belin. Sites :  
[www.orangutan.com](http://www.orangutan.com)  
[www.orang-outan.com](http://www.orang-outan.com)  
[www.primate.wisc.edu/pin/](http://www.primate.wisc.edu/pin/)



M. GUNTHER-BIBIOS

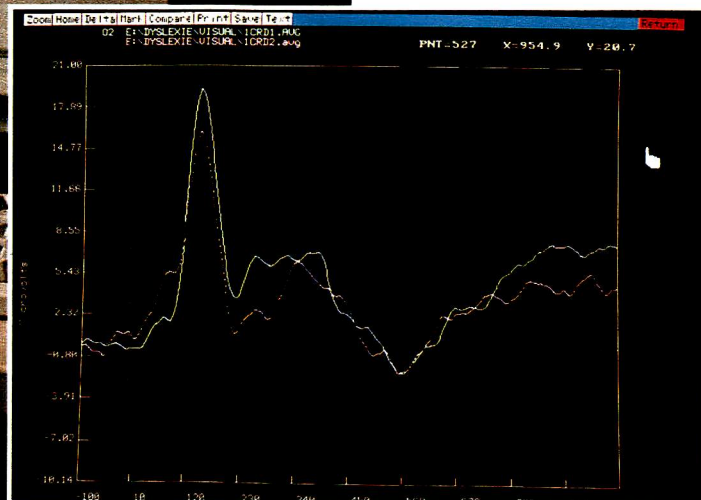




# Les dyslexiques gagnent une bataille



Un enfant dyslexique n'est ni retardé ni perturbé, et il n'y a aucune raison de l'exclure du système scolaire. Le plan de dépistage que met en place le gouvernement reconnaît enfin ce handicap pour ce qu'il est : une affection neurologique. Que l'on peut traiter et surmonter.



PHOTOS MANUELA DUPUIS/ANDIA POUR S&amp;V

**E**n CP et en CE1, tout le monde se moquait de moi. J'avais beaucoup de mal à lire, je confondais toutes les lettres. C'était la galère... » Pour Alex, blondinet au teint mat dont les yeux verts trahissent la vivacité, les séances de lecture à voix haute avaient des allures de cauchemar.

Il faut dire que les mots qui sortaient de sa bouche semblaient venus d'une autre planète : *oignon* devenait "ouagon", *pays* était lu "pé", *madame* se transformait en "marbane"... « Mes camarades me traitaient d'idiot, c'était vraiment pas drôle. Je pensais déjà que je serais obligé de redoubler toutes les classes. » L'an dernier, ses deux

## Distinguer les sons

Dans une unité de l'INSERM basée à Toulouse, des enfants sont rééduqués selon la méthode de la chercheuse américaine Paula Tallal : pour leur apprendre à distinguer les sons, on leur fait entendre des syllabes étirées, puis progressivement rapprochées. On évalue leurs progrès en comparant l'activité neuronale provoquée par un phonème avant (en violet) et après (en vert) les séances de rééducation.





## La dysorthographie pour conséquence

Ce test, réalisé par une fillette de 9 ans (en CE2), révèle des troubles de la "conscience phonologique". Notamment, elle confond certains sons (k pour g ; on pour an) et montre des difficultés à segmenter les mots en syllabes (un néléfon ; tan-bour-re / tam-bour ; pa-pion / pa-pil-lon).

premiers trimestres de 6<sup>e</sup> sont catastrophiques, et on envisage de l'orienter vers un centre d'apprentissage. Ses parents, installés aux Antilles, l'envoient alors consulter à l'Hôpital des enfants, à Toulouse. Là, les psychologues découvrent qu'Alex, avec un quotient intellectuel de 130, pourrait être considéré comme surdoué ! Son

intelligence est seulement masquée par une forte dyslexie, que l'orthophoniste de l'hôpital est la première à diagnostiquer...

La dyslexie est décrite par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) comme un trouble important de la capacité de lire chez des personnes ayant bénéficié d'une éducation "normale", dont

le QI est supérieur à 70, et qui ne souffrent ni de troubles visuels ou auditifs, ni d'une affection neurologique globale. Alex a déjà 12 ans quand on comprend qu'il en est atteint. Il reste à Toulouse. Il y commence aussitôt un traitement, y achève sa 6<sup>e</sup> et, contre toute attente, passe en 5<sup>e</sup>. Après un an de rééducation soutenue, il se situe aujourd'hui dans la bonne moyenne de sa classe. « J'ai même pris goût à la lecture, exulte le jeune garçon. J'ai découvert la série des *Harry Potter*, je les pique à ma cousine pour les lire avant elle. » Ce plaisir de la lecture, rares sont les dyslexiques, même traités, qui parviennent un jour à le connaître.

Alex a ainsi échappé – de peu – à l'exclusion du système scolaire, qui touche encore un grand nombre de dyslexiques.

## LA FIN DE L'EXCLUSION ?

Heureusement, les choses sont en train de changer, comme l'atteste le plan de sensibilisation et de dépistage systématique annoncé le 21 mars par le gouvernement et qui se met actuellement en place. Il était temps : jusqu'ici, le système scolaire français appréhendait la dyslexie comme un trouble de l'apprentissage parmi d'autres et résultant surtout de problèmes d'ordre psychologique ;

## DÉPISTAGE HIGH-TECH

■ Diverses études menées actuellement tentent de cerner avec plus de précision les caractéristiques neurologiques des cerveaux dyslexiques, afin que les diagnostics posés soient plus fiables. En février dernier, Thomas Zeffiro et Guinevere Eden, de l'université Georgetown, à Washington, ont présenté une nouvelle technique, fondée sur l'imagerie à résonance magnétique fonctionnelle (IRMf). Cette technique détecte la présence d'oxygène caractérisant l'activité instantanée des neurones. Les chercheurs américains l'ont utilisée pour comparer l'activité cérébrale de dyslexiques et de non-dyslexiques placés devant des écrans couverts de points. Un point sur cinq était mobile, et

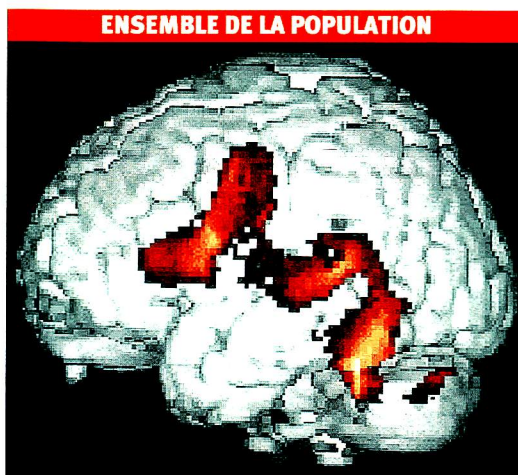
les sujets devaient dire si ces points mobiles se déplaçaient vers la droite ou vers la gauche. Or on sait que les dyslexiques ont une mauvaise perception visuelle des mouvements. Et, en effet, la région du cerveau qui s'activait au cours de cette tâche était significativement plus petite chez eux que chez les non-dyslexiques. Parce que leur procédé ne fait pas appel à la lecture, Eden et Zeffiro ont pensé que ce test pourrait servir à détecter la dyslexie avant que les enfants n'entrent à l'école. En théorie, cela n'est pas impossible. Mais l'utilisation de l'IRMf est bien plus coûteuse que les tests phonologiques, et rien ne dit, pour l'instant, qu'elle soit plus fiable qu'eux.



il hésitait à la reconnaître comme une affection neurologique.

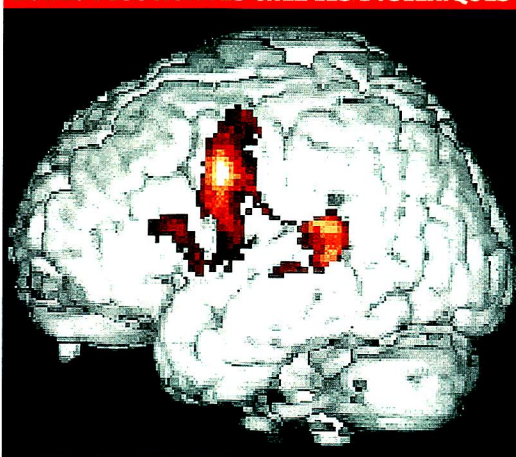
Pourtant de nombreuses études conduisent à considérer la dyslexie comme un dérèglement d'ordre principalement physiologique. Tout d'abord, d'après de récentes observations, le cerveau des dyslexiques montrerait souvent les particularités suivantes : présence en surface d'amas de cellules nerveuses "ectopiques" (c'est-à-dire qui ne se trouvent pas à leur place normale) et configuration atypique de certaines zones. Ensuite, les zones qui sont activées au cours de la lecture ne sont pas toujours les mêmes que chez les

Les zones rouges et jaunes représentent l'ensemble des régions du cerveau qui ont été activées, lors d'un test de lecture, chez un groupe de sujets comptant des dyslexiques et des non-dyslexiques.



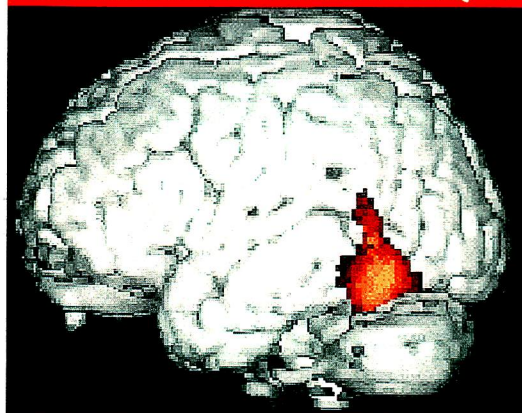
**ENSEMBLE DE LA POPULATION**

**ZONES PLUS ACTIVES CHEZ LES DYSLÉXIQUES**



Ces zones du lobe frontal et du lobe temporal sont davantage activées chez les dyslexiques que chez les sujets "normaux".

**ZONE MOINS ACTIVE CHEZ LES DYSLÉXIQUES**



La zone située à la frontière des domaines visuel et auditif est moins active chez les sujets dyslexiques. C'est elle qui est chargée de transformer l'information graphique en information phonologique.

## L'activité cérébrale lors de la lecture

Des sujets dyslexiques et non dyslexiques ont subi, pendant des tests de lecture, une "tomographie par émission de positons". Cette technique met en évidence les flux sanguins reflétant l'activité du cerveau. Compilées, les images obtenues ont permis d'établir les "cartes" ci-dessus.

## L'affection touche entre 8 et 10 % de la population

non-dyslexiques. Enfin, des études familiales suggèrent que, dans de nombreux cas, la dyslexie pourrait avoir une composante génétique.

On estime que la dyslexie touche de 8 à 10 % de la population mondiale, ce qui en fait l'affection neurologique la plus fréquente, après la migraine. Si certains enfants arrivent à compenser leur handicap et à poursuivre leurs études, il est pour beaucoup synonyme d'exclusion sociale. Une étude publiée en 1998 par Catherine Billard, neuropédiatre au CHU de Tours, et portant sur 89 jeunes en difficulté sur le plan de l'insertion sociale a montré, par exemple, que 32 d'entre eux étaient dyslexiques ! Un chiffre qui rappelle cruellement combien cette maladie a été ignorée dans notre pays. Cette ignorance explique certainement pourquoi, au cours des six premières années de scolarité d'Alex, seuls deux enseignants lui ont suggéré de consulter un orthopho-



# ANGLAIS, FRANÇAIS ET ITALIENS INÉGAUX DEVANT LA DYSLEXIE



P. LESTIENNE

■ Une étude publiée le 16 mars 2001 dans la revue *Science* montre que la dyslexie handicape très peu les Italiens, beaucoup les Français et qu'elle est un vrai fléau pour les Anglo-Saxons. «En italien, la dyslexie passe presque inaperçue, explique Jean-François Démonet, chercheur à l'INSERM et responsable de la partie française de l'étude. C'est une langue transparente, qui s'écrit comme elle s'entend. Le français, lui, est opaque dans le sens de l'écriture : si l'on entend un mot dont on ignore l'orthographe, il est difficile de deviner comment il s'écrit. En anglais, l'opacité se manifeste en outre dans le sens de la lecture (voir les exemples ci-contre). Cette double opacité fait de la dyslexie un handicap particulièrement lourd pour les anglophones. C'est la raison pour laquelle, au Royaume-Uni, les associations de dyslexiques bénéficient d'une réelle reconnaissance.» Pour représenter les 62 phonèmes (1) de l'anglais, il existe pas moins de 1 120 graphèmes (2). Alors que les 36 phonèmes du français nécessitent quelque 190 graphèmes "seulement".

Quant à l'italien, il ne possède que 28 phonèmes pour 33 graphèmes, ce qui laisse bien peu de place aux fautes d'orthographe ! La diversité linguistique produit-elle des dyslexies différentes du point de vue neurologique ? Des études recourant à une technique d'imagerie médicale appelée "tomographie par émission de positons" (TEP) ont comparé l'activité cérébrale de sujets non dyslexiques et dyslexiques d'un même pays. Résultat : la partie inférieure du lobe temporal (une zone située à la frontière des domaines auditif et visuel) est systématiquement en sous-activité chez les dyslexiques, quelle que soit leur langue.

.....

(1) Phonème : la plus petite unité du langage parlé.

(2) Graphème : combinaison de lettres permettant de transcrire un phonème (a, ou, t, ch sont des graphèmes).

## EN FRANÇAIS

Un phonème peut correspondre à plusieurs graphèmes

[ɛ] = extrême, cède, objet, neige, fait, traîneau  
[u] = genou, où  
[f] = flamme, éléphant

## EN ANGLAIS

Un phonème peut correspondre à plusieurs graphèmes

[i:] = bee (abeille), fever (fièvre), sea (mer), police  
[u] = put (mettre), into (dans)  
[u:] = shoe (chaussure), prove (prouver), too (aussi), frugal  
[j] = dish (mets), issue, ocean, nation, machine

Et un graphème peut avoir plusieurs prononciations

through (à travers) = [θru:]  
rough (rugueux) = [rʌf]  
bough (rameau) = [bau]  
four (quatre) = [fɔ:ə]  
tour (voyage) = [tuə]



niste... et pourquoi la première orthophoniste qui l'a examiné n'a pas diagnostiqué la dyslexie.

Voilà qui ne devrait plus se reproduire si le plan d'action élaboré conjointement par les ministères de l'Éducation nationale et de la Santé se révèle efficace. Ce plan prévoit de former les instituteurs et les médecins à la reconnaissance des troubles du langage, de créer des pôles spécialisés dans les hôpitaux et, surtout, de dépister systématiquement les enfants susceptibles de manifester des difficultés d'apprentissage de la lecture. Le dépistage est prévu vers l'âge de 6 ans, au cours de l'exa-

men médical obligatoire en grande section de maternelle.

ticiper à modifier les attitudes à l'égard d'un handicap lourdement ressenti par les enfants et par les adultes qui n'ont jamais pu suivre de rééducation.

Une fois le dépistage effectué, comment rééduquer? Les méthodes actuelles sont fondées sur l'entraînement par des exercices phonologiques semblables à ceux que l'on utilise pour déceler la dyslexie. «On sait depuis longtemps que des exercices phonologiques favorisent les capacités ultérieures de lecture. Et plus ces exercices sont faits tôt, plus le cerveau de l'enfant aura de chances de récupérer», poursuit Michel

cices de Paula Tallal avec des enfants dyslexiques purs, et nous avons réussi à améliorer de manière significative leur conscience phonologique, intimement liée à l'apprentissage de la lecture», rapporte le chercheur. Cela confirme donc une avancée spectaculaire dans la méthodologie d'une rééducation de la dyslexie.

## UNE GUÉRISON POSSIBLE?

Par ailleurs, selon Paula Tallal, les exercices phonologiques pourraient provoquer une réorganisation de la zone du cerveau impliquée dans le langage. Si elle a raison, cela signifierait, pour les jeunes dyslexiques, qu'une véritable guérison est possible... Afin de le vérifier, des expériences sont en cours à l'INSERM, au sein de l'unité neuro-imagerie fonctionnelle, plasticité cérébrale et pathologie neurologique, basée à Toulouse. Des enfants de 8 à 10 ans sont entraînés selon la méthode Tallal et subissent régulièrement des examens par imagerie cérébrale. Les progrès, d'ores et déjà tangibles – ou plutôt audibles –, vont-ils devenir visibles sur les écrans de contrôle? Les résultats, qui ne seront pas disponibles avant plusieurs mois, sont attendus avec impatience.

Mais la méthode de Paula Tallal ne résoudra pas tout. «Tous les enfants dyslexiques ne sont pas sensibles à la rééducation phonologique, prévient Véronique Defrennes, orthophoniste à l'Hôpital des enfants. Et, surtout, il est illusoire de penser que l'on pourra appliquer à tout le monde une méthode standard et que celle-ci donnera 100 % de résultats positifs. Pour soigner les handicaps qui touchent à la communication, ce qui est le cas de la dyslexie, on aura toujours besoin de prendre également en compte l'histoire psychologique de chacun...»

# On peut détecter la dyslexie même si l'enfant n'a pas encore appris à lire

men médical obligatoire en grande section de maternelle.

Mais comment détecter la dyslexie, trouble de la lecture, chez des enfants qui n'ont pas encore appris à lire? «Il y a des liens étroits entre lecture et langage oral, répond Michel Habib, neuropsychologue au CHU de Marseille et spécialiste de la dyslexie. Les dyslexiques souffrent notamment d'un déficit de la conscience phonologique, c'est-à-dire de l'aptitude à segmenter en sons les mots qu'ils entendent. Pour tester cette aptitude, on présentera par exemple deux mots à un enfant et on lui demandera s'ils riment. Le fait qu'il ait du mal à répondre est symptomatique de la dyslexie.»

## LA MÉTHODE TALLAL

Autre exercice : on proposera à l'enfant de reconnaître l'intrus dans un groupe de mots tels que *bleu, bras et blé*. Bien sûr, le dépistage systématique favorisera une surévaluation de la population atteinte. Mais cela ne peut que par-

Habib. Néanmoins cet entraînement donne des résultats très variables suivant la gravité du mal, l'âge de l'enfant, sa motivation...

En 1996, la publication des travaux de Paula Tallal, de l'université Rutgers à Newark (New Jersey, États-Unis), avait bouleversé les perspectives thérapeutiques. Pour cette psychologue, les troubles de l'apprentissage du langage sont liés à la difficulté de traiter des sons rapprochés dans le temps. Elle a donc cherché à habituer les enfants à discriminer ces sons rapprochés, en leur faisant entendre des syllabes étirées puis progressivement resserrées. Les progrès qu'elle avait obtenus sont apparus à l'époque comme spectaculaires. Mais ses travaux portaient sur des enfants souffrant d'un déficit de langage et non de dyslexie. Il fallait donc rééditer l'expérience sur des dyslexiques. L'équipe de Michel Habib s'y attela et publia ses résultats dans la revue *Brain and Cognition*, en 1999. «Nous avons reproduit les exer-

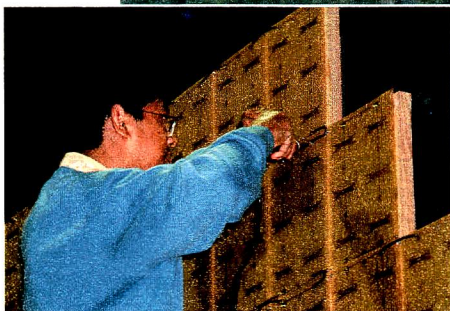
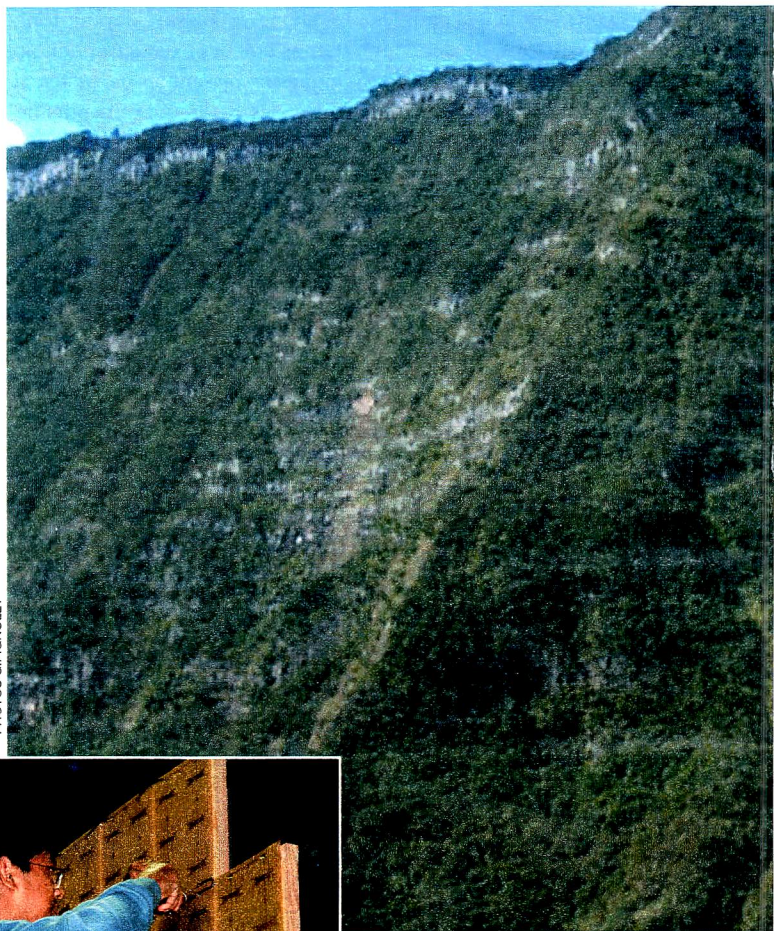


# De l'électricité sans fil

**Transmettre l'électricité à distance, sans fil, sans danger : un vieux rêve qui commence à prendre forme. Les applications seront locales, mais elles pourraient bien, un jour, devenir... spatiales.**

**D**ans le canyon de Grand-Bassin, dans le sud-ouest de l'île de la Réunion, un homme aux cheveux ébouriffés et aux gestes amples harangue les quelques spectateurs qui l'entourent. Il leur adresse un large sourire et soudain, à ses pieds, une ampoule de 200 watts s'allume. Aucune pile, aucune prise électrique à proximité. Guy Pignolet n'a pourtant rien d'un sorcier créole, il est ingénieur au Centre national d'études spatiales. Et son public n'est pas constitué de touristes ou de badauds. Ce sont des chercheurs japonais, américains, russes et français qui travaillent sur le même sujet : l'électricité sans fil. Il ne s'agit pas non plus d'un tour de prestidigitacion : l'énergie qui fait briller l'ampoule a été transmise par micro-ondes à partir d'un générateur électrique situé à 40 mètres de là.

PHOTOS G. PIGNOLET



Cette petite lueur au fond du canyon, en ce 16 mai 2001, n'est qu'une première étape. La deuxième, dès 2003, permettra d'alimenter le village de Grand-Bassin tout entier. « De quoi installer comme prévu une machine à laver dans

les gîtes qui accueillent les randonneurs, raconte Guy Pignolet, les installations solaires actuelles ne délivrant effectivement pas la puissance requise. On sort enfin du domaine de la recherche en laboratoire, pour passer aux applications industrielles ». Les premiers prototypes d'émetteurs et de récepteurs sont en effet construits par des entreprises réunionnaises.



A Grand-Bassin, l'utilité d'un tel système est évidente. L'environnement est préservé: les émetteurs et les récepteurs se fondent dans le paysage, à la différence des lignes électriques aériennes ou des panneaux solaires photovoltaïques. Le système est également moins coûteux qu'une ligne enterrée et plus économique, à terme, qu'un grou-

pe Diesel: son coût total est de 3,6 millions de francs.

Pour les chercheurs, le site permet de tester leur technologie en "grandeur nature". L'électricité est fournie par les centrales de l'île de la Réunion, elle arrive en haut du

canyon par une ligne électrique à haute tension, puis est envoyée vers Grand-Bassin à l'aide de magnétrons qui, comme dans les fours à micro-ondes, convertissent l'énergie électrique en faisceaux d'ondes électromagnétiques. Les

magnétrons ont l'avantage d'être bon marché, mais leur durée de vie est courte et leur fréquence difficile à contrôler. Guy Pignolet l'admet volontiers: « Le problème le plus sérieux vient des émetteurs. » A l'avenir, les magnétrons pourraient être remplacés par des klystrons, utilisés dans les systèmes radar.

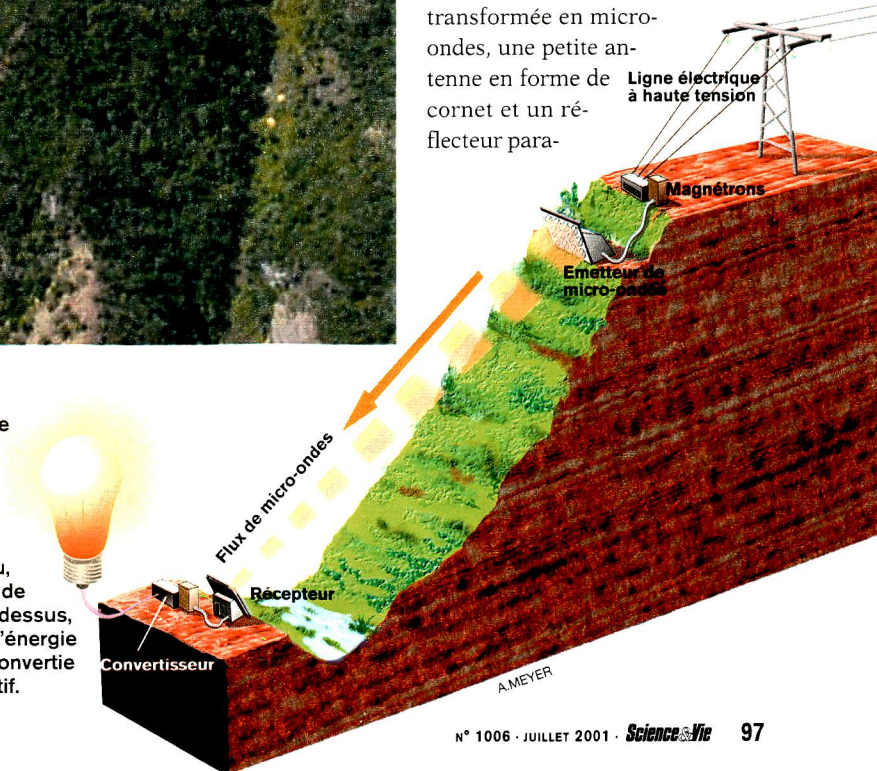
Leur fréquence est parfaitement contrôlable, leur longévité est correcte, mais ils sont mille fois plus coûteux que les magnétrons. Une troisième solution, basée sur des composants semi-conducteurs, fait l'objet de recherches et n'en débouchera peut-être que dans une dizaine d'années.

Une fois l'électricité transformée en micro-ondes, une petite antenne en forme de cornet et un réflecteur para-



## Et la lumière sera!

Une ligne à haute tension, située à 700 m au-dessus du village de Grand-Bassin, fournira l'électricité, convertie par des magnétrons en micro-ondes. Un émetteur à flanc de canyon (ci-dessus, l'emplacement prévu, à g., le montage) enverra le flux de micro-ondes à un récepteur (ci-dessus, sa structure en nid-d'abeilles). L'énergie des micro-ondes sera ensuite convertie en courant continu, puis alternatif.





bolique les envoient 700 mètres plus bas, dans la vallée, où elles sont retransformées en électricité. Divers systèmes électriques convertissent l'énergie des micro-ondes en courant électrique continu à haute tension, puis à basse tension, et un convertisseur transforme enfin ce courant continu en un classique courant alternatif stabilisé à 220 volts.

Les spécialistes invités ont tous salué ce premier pas, mais dans les hélicoptères qui les ramenaient à l'hôtel de ville, où les attendait une réception en leur honneur, leurs esprits s'élevaient encore un peu plus haut, à des milliers de kilomètres au-dessus de leurs têtes. Cette expérience n'est pour eux que la première étape d'un projet bien plus fou: construire des centrales solaires dans l'espace. Placer en orbite des satellites qui capteraient l'énergie du Soleil et la renverraient vers la Terre sous la forme de micro-ondes. « Nos réserves de pétrole et de gaz s'épuise-

ront d'ici à une centaine d'années, estime Guy Pignolet. Après cela, comment faire? Pourquoi ne pas exploiter l'inépuisable énergie du Soleil? ». Dans l'espace, ce raisonnement prend toute son ampleur. En orbite géostationnaire, à 36 000 kilomètres d'altitude, un

prospective à la NASA, affirme: « Pour que l'énergie solaire spatiale devienne réellement une option, il faut que les premiers projets fassent la preuve de leur efficacité. » L'expérience de la Réunion en est un exemple. D'autres vont suivre. Au Japon et au Canada, des cher-

## Des satellites renvoyant l'énergie du Soleil sous forme de micro-ondes

panneau photovoltaïque reçoit en moyenne  $140 \text{ mW/cm}^2$ , soit huit fois plus d'énergie qu'à la surface de la Terre. Dans l'espace, pas de déperditions dues au cycle du jour et de la nuit, aux nuages, aux variations saisonnières d'ensoleillement... Mais lancer et assembler des centaines de tonnes de matériel dans l'espace est coûteux. Pour une première centrale spatiale, il faudrait déboursier environ 1 500 milliards de francs.

John Mankins, directeur de la

chercheurs tentent de transmettre de l'énergie par micro-ondes à un petit avion. Avec les Français, ils envisagent de placer en orbite géostationnaire des miroirs passifs de près de 1 kilomètre de diamètre, pour transporter de l'électricité par réflexion de micro-ondes entre le Mexique et Paris, le Sahara et Pékin, l'Australie et New York. Une solution pour transmettre de l'énergie aux pays qui en manquent.

Pour l'instant, les Américains sont réticents. John Mankins est lapidaire: « Aujourd'hui, la commercialisation de l'énergie solaire spatiale ne fait pas partie des priorités stratégiques de la NASA. » C'est pourtant un de leurs chercheurs, Peter Glaser, qui avait imaginé le concept dans les années 70. Mais ils ne veulent plus débloquer de budgets pour de telles recherches. Les Japonais, en revanche, s'emballent. Leur ministère de la Recherche et de l'Industrie s'est exprimé en faveur de la construction de centrales solaires dans l'espace vers 2040. Tout est affaire de politique. Les Etats-Unis choisissent le pétrole, envers et contre tout. Tandis que le Japon, qui manque cruellement de place et d'énergie, travaille d'arrache-pied à l'élaboration de nouvelles sources d'électricité. Les Européens comptent les points. Pour eux, le projet aboutira sans doute... mais pas avant cent ans. ■

### ATTENTION, DANGER?

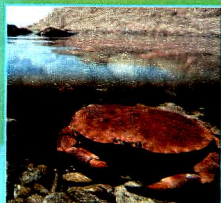
■ Les faisceaux de micro-ondes sont-ils dangereux? « Le seul risque est thermique, en cas d'exposition à de fortes intensités », répond Guy Pignolet. Pour éviter les coups de chaud à la Réunion, il suffira sans doute d'empêcher les touristes et les randonneurs de rester dans le chemin des ondes. « En aucun cas, il ne peut y avoir de risque de cancers ou d'altération du matériel génétique, car les fréquences utilisées sont beaucoup trop faibles pour avoir une action ionisante », ajoute le scientifique. La densité d'énergie du faisceau ne dépassera pas  $5 \text{ mW/cm}^2$ . Pour comparaison, l'énergie reçue en

plein soleil est de  $100 \text{ mW/cm}^2$ . John Mankins confirme: « Ce type de transmission est théoriquement plus sûr que les rayons du soleil qui peuvent provoquer des cancers de la peau, des brûlures... » Il sera même possible de continuer à cultiver des légumes sous les récepteurs d'ondes: ils ne seront pas altérés. Il n'empêche, les problèmes de sécurité ont occupé les chercheurs, lors de leur colloque à la Réunion, tout autant que les moyens techniques à mettre en œuvre. Une fois les obstacles techniques surmontés, il ne leur restera plus qu'à convaincre le public que leur système ne présente aucun danger.



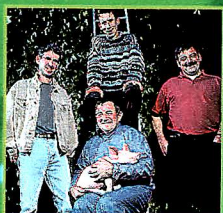
# S p é c i a l BRETAGNE

## Le laboratoire du futur



### MER

Les algues au secours des plantes .....	100
Les bonnes prises du filet malin .....	103
Une marée noire dans une piscine .....	104
Le pèlerin mis sur écoute .....	105
Les mystères de l'estran .....	106



### TERRE

Pour en finir avec les "cochonneries" .....	110
Les ravageurs n'ont qu'à se tenir! .....	113
Des goûts et des couleurs .....	114
Géraniums pirates .....	115



### TÉLÉCOMS

Le haut débit breton .....	116
Communications : le silence est d'or .....	118



# Les algues au secours des plantes

**D**epuis six mois, la bonne vieille laminaire a trouvé un nouvel emploi : remède contre les maladies des plantes. De *Laminaria digitata*, algue marine brune formant de longs rubans aplatis, on est en effet parvenu à extraire un pesticide efficace, de surcroît dénué de risques pour l'homme et pour l'environnement. Un produit phytosanitaire qui ne doit rien à la chimie, belle innovation ! Ce pesticide fait actuellement l'objet d'une demande d'autorisation de mise sur le marché auprès de l'Europe, et une demande similaire sera déposée en septembre aux Etats-Unis.

Son inventeur est Goëmar, une PME de Saint-Malo dont l'activité couvre presque toutes les utilisations actuelles des algues du groupe des laminaires. Cosmétiques, produits de santé et, surtout, produits destinés à l'agriculture assurent à cette entreprise de 130 salariés une croissance régu-

**Un engrais "miraculeux" à base d'algues brunes met une PME malouine sur la piste d'un produit phytosanitaire innovant : le pesticide 100 % biologique !**

PAR LOÏC CHAUVÉAU

lière. L'implantation va de soi : c'est le long des côtes de la Bretagne nord, et particulièrement dans l'anse où elles rejoignent la côte normande, que l'on rencontre la plus grande diversité d'algues au monde – plus de 500 espèces y sont recensées. La ressource en algues est là, plutôt abondante, même si la biomasse totale reste inconnue. Impossible, par consé-

quent, de savoir si l'on exploite trop ou non ce gisement végétal.

Depuis vingt ans, Goëmar fabrique un engrais à base d'algues brunes. La matière est broyée, transformée, mélangée à des oligoéléments. Deux millions de litres de cet engrais sont vendus tous les ans, principalement aux arboriculteurs et aux vignerons, mais le produit est également effi-

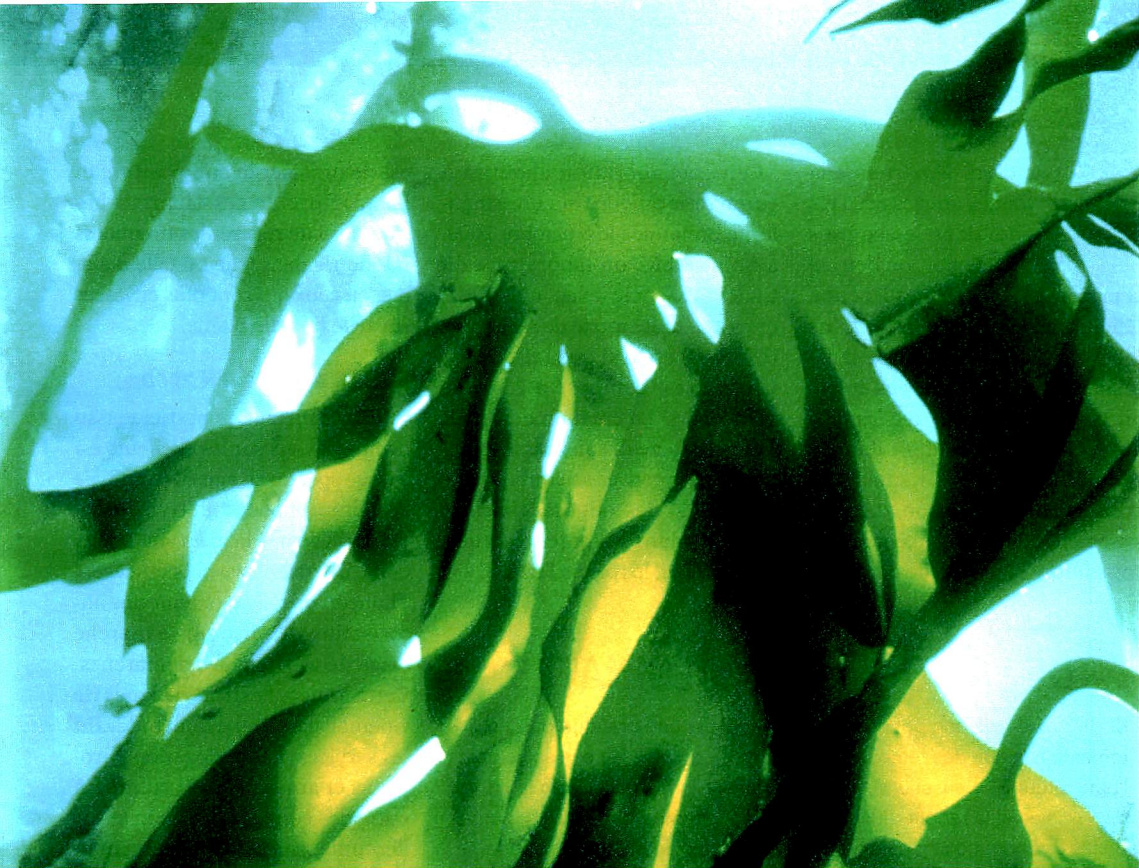
## La crème des algues

C'est le liquide intracellulaire de l'algue brune qui sert à la fabrication d'engrais et, désormais, d'un pesticide. La "crème d'algues" est obtenue par microfiltration.



MOSCHETTIERA





GOËMAR

## Une matière première inépuisable

Les laminaires sont les algues les plus répandues sur la côte bretonne. De tout temps, elles ont été utilisées comme matière première par l'industrie, qui tire partie de la soude, de l'iode et des alginates qu'elles renferment.

cace sur les grandes cultures : blé, colza, tournesol, betteraves... Il n'est pas enfoui dans le sol, juste vaporisé sur les plantes et absorbé directement par les feuilles. Totalement inoffensif pour l'environnement, il a en outre des qualités que Goëmar n'avait pas prévues.

### "VACCINER" LES CULTURES

« Les arboriculteurs aiment beaucoup cet engrais car il favorise le développement des fruits, raconte Jean-Claude Yvin, directeur de la recherche à Goëmar. Les pommes résistent mieux aux chocs, les pêches atteignent plus vite la taille commerciale. Mais nos clients disaient aussi que leurs cultures étaient moins sensibles aux maladies. Et cela nous a incités à étudier le phénomène de plus près. »

Au début des années 80, l'entreprise commence à collecter des preuves de ce phénomène inexplicable, mais que l'on connaissait déjà aux Etats-Unis : « En 1972, un phytopathologiste américain, Keen, avait découvert des substances végétales capables de déclencher la production de molécules antimicrobiennes ou antifongiques dans une plante, et cela en l'absence de tout agent pathogène », explique Bernard Kloareg, directeur de recherche au CNRS, basé à la station biologique de Roscoff. Keen nomme ces substances des "éliciteurs", de l'anglais *to elicit*, "provoquer". L'engrais de Goëmar en contiendrait-il ? Pour la société, ce pourrait être une explication.

Les éliciteurs sont étudiés de plus près par l'équipe de Peter Alber-

sheim, à Denver (Colorado). En 1985, ce chercheur montre que des fragments d'oligosaccharides (des molécules composées d'un enchaînement de sucres) présents dans la paroi cellulaire de champignons pathogènes ou de plantes infectées sont "reconnus" par les cellules végétales et provoquent des réactions de défense. Toute proportion gardée, ces oligosaccharides agissent un peu comme un vaccin. Ils déclenchent chez la plante une sécrétion d'antibiotiques naturels qui agiront dès qu'elle sera attaquée par un champignon ou par une bactérie. « Albersheim a baptisé ces molécules des "oligosaccharines" ; elles peuvent être considérées comme une nouvelle classe d'hormones végétales », poursuit Bernard Kloareg.

Bernard Kloareg (du CNRS) et Jean-Claude Yvin (à Goëmar) se connaissent. Le projet de collaboration naît naturellement. Les premiers travaux français sur les éli-





citeurs démarrent à la fin des années 80. Très vite, dans les engrais de Goëmar, on détecte la présence de molécules à action "élicitrice", comme la laminarine (oligosaccharine extraite de la laminarie). « Puis nous avons établi, dit Bernard Kloareg, que les produits Goëmar stimulent dans la cellule des enzymes facteurs de croissance, de floraison, de grossissement des fruits, ou encore favorisant les réactions de défense. »

Cette collaboration aboutira à ce qui reste aujourd'hui une singularité bretonne : le 6 octobre 2000, à Saint-Malo, un laboratoire du CNRS s'associe avec une PME dans une unité mixte de recherche (UMR). Il est vrai que l'effectif de Goëmar est composé à 25 % de chercheurs. La création de l'UMR 1931 consacre dix ans passés à apporter des preuves scientifiques de l'efficacité des oligosaccharides présents dans les pâtes d'algues. Aujourd'hui, le rôle de l'UMR 1931

est de préciser la composition et la structure de ces oligosaccharides afin de repérer les fragments impliqués dans telle ou telle maladie, ou ceux qui sont plus efficaces sur telle ou telle plante.

### SUR LE MARCHÉ EN 2002

« Pour l'instant, le pesticide issu de nos travaux sur les éliciteurs est à large spectre : il agit sur tout type de culture et pour tout type de maladie, dit Jean-Claude Yvin. Mieux ciblé, il sera encore plus efficace. » Malheureusement, obtenir une autorisation de mise sur le marché exige de très longues démarches. Cette année, l'extrait d'algues de Goëmar passe en examen devant les services d'homologation européens et américains. Il subira en outre des contrôles de toxicité sur l'homme, sur l'environnement et sur les animaux. Car, bien qu'il soit composé exclusivement de sub-

## DE LA SOUDE AUX ALGINATES

■ Utiliser le goémon pour fertiliser les sols est une pratique qui remonte à la nuit des temps. Mais le goémon n'intéresse pas seulement l'agriculture : il a aussi une très riche histoire industrielle. Vers la fin du XVII<sup>e</sup> siècle, la récolte du varech est réglementée par Colbert, parce que les cendres d'algues constituent la principale source de soude pour les verriers français. Cette forme d'exploitation des algues marines représentera une importante activité jusqu'en 1790. Cette année-là, Nicolas Leblanc obtient le prix de l'académie des Sciences pour son procédé de fabrication industrielle du carbonate de sodium à partir du sel de mer : il n'est plus besoin de brûler les algues.

Au début du XIX<sup>e</sup> siècle, le chimiste Bernard Courtois découvre l'iode. Or les laminaires (des algues brunes du goémon) en contiennent 1 %. C'est le taux record au sein du monde végétal. L'algue trouve donc un nouveau débouché... mais pour peu de temps. Quelques décennies plus tard, on s'aperçoit en effet que les gisements de nitrate chiliens sont extrêmement riches en iode et, surtout, moins coûteux à exploiter.

Aujourd'hui, on récolte les laminaires pour en extraire des substances découvertes en 1883 par Edward Stanford : les alginates. Ces molécules intéressent l'industrie comme émulsifiant et gélifiant, et pour leur capacité de rétention d'eau. Leur usage ne cesse de croître dans le monde, principalement dans l'agroalimentaire, mais elles se glissent aussi dans les cosmétiques, les pansements, les peintures, l'encre...

La récolte du goémon en Bretagne au début du siècle.

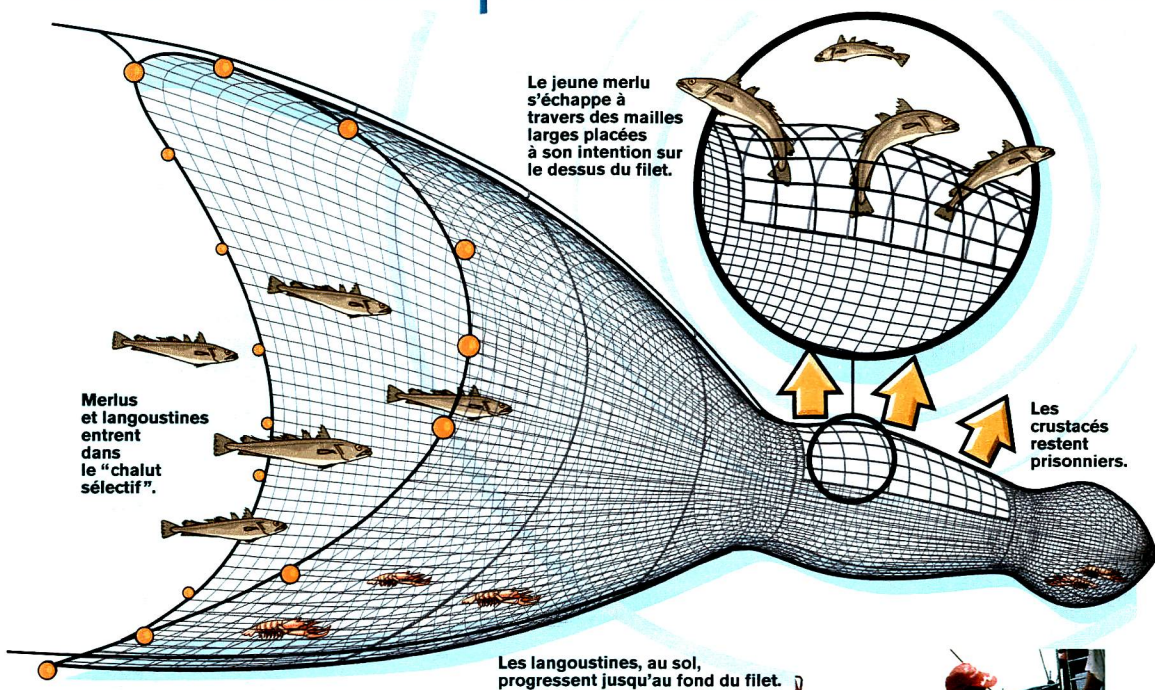


COLLECTION VOLLET

stances naturelles, il est considéré comme un produit chimique. Ces tests dureront un an et demi, mais Goëmar est déjà prêt à livrer son pesticide pour la récolte de 2002. Avec une avance confortable sur les multinationales du secteur. ■



# Les bonnes prises du filet malin



**Une décision de Bruxelles accélère la mise au point d'une invention lorientaise : le filet qui piège la langoustine, mais pas le merlu.**

**S**i quelques langoustiniers promènent dans le golfe de Gascogne des chaluts troués, ce n'est pas faute de les avoir réparés ! Les "trous" ont été faits à dessein, pour laisser s'échapper les merlus pris dans les filets à langoustines. Celles-ci vivent dans des vasières, à des fonds de 15 à 800 mètres. Pour les capturer, les bateaux bretons raclent le plateau continental, qui s'étend jusqu'à une profondeur d'environ 200 mètres. Ce faisant, ils attrapent aussi des merlus.

Or, les stocks de *Merluccius merluccius* étant dramatiquement bas, l'Union européenne a décidé de protéger cette espèce. À partir du 1<sup>er</sup> janvier 2002, les gros chalutiers, par exemple, devront ainsi utiliser des filets d'une maille de 100 mm

contre 70 actuellement. Mais *quid* des langoustiniers ? Avec une maille de 100 mm, ils remonteront moins de crustacés. On mesure le manque à gagner : « La langoustine représente 80 % du revenu du pêcheur de Concarneau », rappelle-t-on au Fonds régional d'organisation du marché du poisson.

Pour ne pas se voir imposer les filets à maille large, les langoustiniers se tournent vers l'IFREMER : depuis dix ans, l'institut prépare un chalut sélectif, le fameux filet "troué". Sur le dessus du chalut, des rangs de mailles carrées sont intercalés entre les mailles en losange. La langoustine reste prisonnière dans le fond. Le poisson s'échappe par le haut... s'il est assez vif. Or le merlu est indolent !



PHOTO CUISSET/REA - ILLUSTR. B. BOURGEOIS

## La manne de la mer

**La langoustine représente l'essentiel des revenus des pêcheurs du Sud de la Bretagne.**

Parallèlement aux tests menés en mer, l'IFREMER développe donc avec l'Ecole nationale d'ingénieurs de Brest un système simulant le fonctionnement du chalut sélectif et le comportement du poisson. Ainsi, on estimera la proportion de merlus parvenant à s'évader. L'expérience est cruciale pour l'avenir de la pêche en Bretagne sud. **L. C.**



# Une marée noire dans une piscine

**D**ans la nuit du 12 au 13 décembre 1999 sombrait l'*Erika*. Dès le lendemain du drame, le CEDRE (Centre de documentation, de recherche et d'expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux) recevait un échantillon de fioul prélevé dans la citerne d'où provenait le chargement du pétrolier. Cet échantillon allait inaugurer un nouveau système de vieillissement accéléré des hydrocarbures : le polludrome.

Il s'agit d'une piscine de 10 mètres sur 7, en forme d'anneau, do-

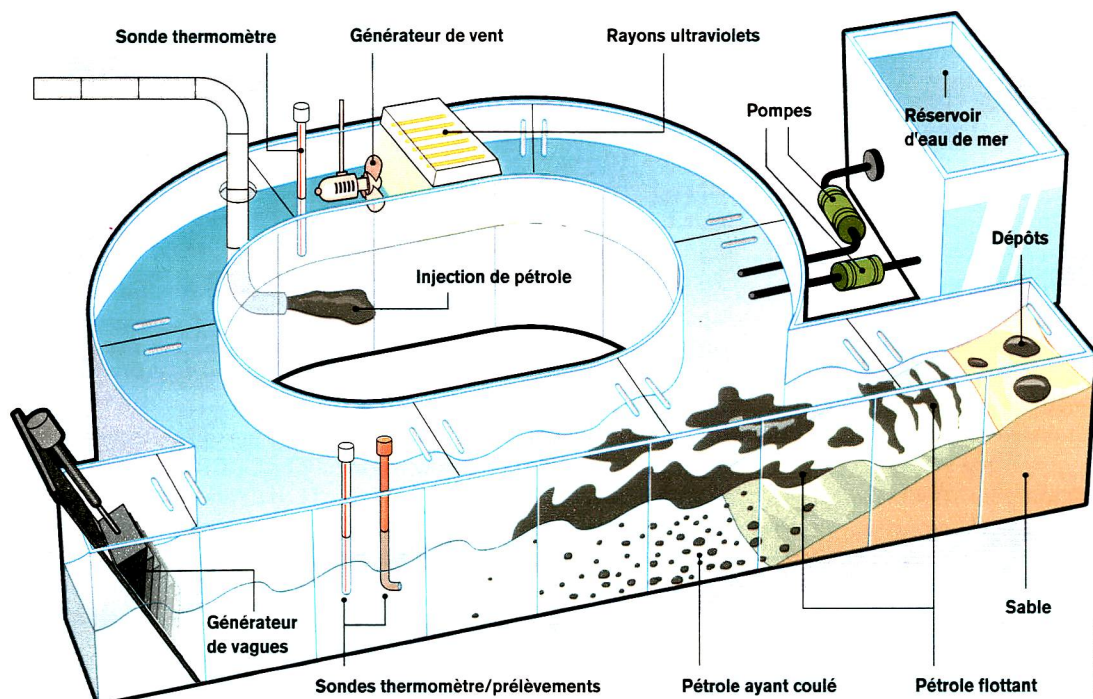
**A Brest, un centre de recherche unique au monde simule en bassin le vieillissement des hydrocarbures déversés en mer.**

PAR CLAUDE REYRAUD

tée d'équipements restituant les conditions que subissent les produits répandus en mer : courant, houle, ensoleillement, température... L'ensemble est orchestré de façon à accélérer l'effet de ces conditions sur une petite nappe d'hydrocarbure déversée dans le bassin. Le polluant est brassé par

les vagues artificielles, battu par le souffle de ventilateurs, arrosé d'ultraviolets. Sur un plan incliné sablonneux viennent s'échouer les dépôts, comme sur une plage.

Depuis sa création, en 1978, au lendemain de la marée noire de l'*Amoco Cadiz*, le CEDRE teste du matériel de pompage, des produits





chimiques dispersants et des polluants. Sa polyvalence, unique au monde, est un atout majeur dans la lutte contre la pollution des eaux : les produits dérivés du pétrole sont des mélanges dont l'évolution est d'autant plus difficile à prévoir qu'ils sont complexes; c'est le cas du styrène déversé par l'*Levoli Sun*, testé, lui aussi, dans le polludrome. Pour mener à bien ses missions, le centre, constitué en association, dispose aujourd'hui d'un budget de 10 millions de francs (subventions, contrats publics et privés) et emploie une quarantaine de personnes.

Dans la piscine, le fioul de l'*Erika* a laissé échapper ses fractions légères, volatiles, par évaporation; il s'est transformé sous l'effet des ul-



Dans la nuit du 12 au 13 décembre 1999  
sombrait le pétrolier *Erika*...

MARINE NATIONALE/SIPA PRESS

traviolets, et il a incorporé de l'eau jusqu'à former ces galettes molles que l'on ramassera sur les plages de Bretagne et de Vendée. Il montrait ainsi une forte tendance à l'émulsion. Celle-ci étant de nature à faciliter le pompage en mer, les experts du CEDRE ont orienté les

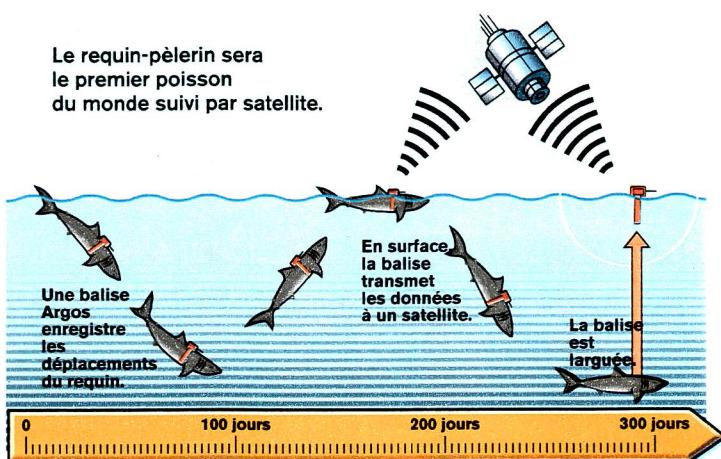
marins de la CEPPOL (Commission d'études pratiques de lutte antipollution) vers cette solution. Le recours à des agents dispersants avait été exclu, puisque, dans le polludrome, le fioul n'avait pas manifesté de tendance à la dispersion.

Mais les opérations de pompage en mer n'eurent pas le succès escompté. Car, si les 100 litres d'hydrocarbure testés avaient incorporé la moitié de leur volume en eau au bout de deux jours, les nappes restées en mer ont absorbé l'eau plus beaucoup plus lentement (un quart de leur volume en une semaine). Finalement, le pétrole de l'*Erika* allait bien se comporter conformément aux prévisions du polludrome, mais avec quelques semaines de retard...

## Le pèlerin mis sur écoute

**Pour mieux connaître le requin-pèlerin, des Brestois organisent une filature inédite...**

Où hiverne donc le requin-pèlerin? L'Association pour l'étude et la conservation des séla-ciens (APECS), sise à Brest, se le demande. S'il pèse 4 tonnes et mesure 10 mètres, le deuxième plus gros poisson du monde (derrière le requin-baleine) reste un animal discret. L'été, les plaisanciers le croisent parfois le long des côtes bretonnes. Gueule ouverte, il filtre l'eau (1 500 litres par heure) afin de retenir le plancton dans ses filaments branchiaux. A Concarneau, on l'a pêché pour son foie riche en huile jusqu'en 1990. Depuis, la plupart des Etats prennent des mesures pour le protéger.



B. BOURGEOIS

Voilà ce que l'on sait du pèlerin. Un "mouchard", que l'APECS arrimera cet été sur l'un de ces squales, en dira peut-être plus. L'appareil, résistant à une profondeur de 2000 m, a été conçu par des élèves des écoles brestoises de télécoms (ENST) et des techniques d'armement (ENSIETA). C'est une balise

Argos couplée à un système d'enregistrement de données. En relevant les trajets de l'animal, la profondeur et la température des eaux qu'il traverse, on saura s'il hiberne en profondeur ou s'il migre. L'expérience finira à l'été 2002. Un système électronique détachera alors la balise en toute sécurité. L. C.



Paradis des pêcheurs à pied, paysage en perpétuel mouvement, une zone sensible passionne la science et les spécialistes de la biodiversité.

Cette frange du littoral, qui hésite entre terre et mer, est une niche écologique où s'ébattent des milliers d'espèces. Menacées par les pollutions marines, la biodiversité de l'estran et l'écologie du littoral sont encore méconnues. Pour en savoir plus, le CNRS et le Muséum national d'histoire naturelle ont lancé un programme

de recherches baptisé Réseau (réseau benthique). Son but : dresser un bilan complet sur ces milieux, jusqu'au bord du plateau continental, et suivre de près son évolution en effectuant des prélèvements chaque année.

Parallèlement, le Réseau national des stations marines envisage une étude approfondie de la biodiversité du littoral breton, où un très

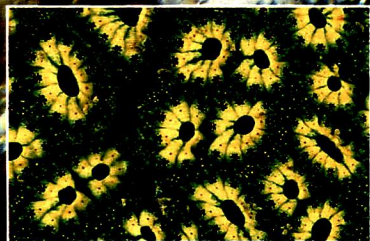
grand nombre de micro-organismes reste à découvrir.

Sous nos yeux, voici quelques-unes des merveilles qui peuplent l'estran. Certaines fournissent à la science des outils épatants, d'autres adoptent d'étonnantes stratégies de survie qui posent une foule de questions – encore sans réponse – aux spécialistes de l'évolution.



## Les bonnes enzymes du lièvre de mer

*Aplysia punctata* est un vorace mangeur d'algues. Pour se reproduire, cet hermaphrodite s'assemble en gros "spaghettis" rouges. Ses enzymes digestives servent à mettre à nu les cellules des algues pour les étudier.



## Ainsi font les botrylles

Les membres d'une colonie de *Botryllus schlosseri* s'organisent autour de siphons communs, les atréopores. Si l'on retourne le rocher où vit la colonie, les botrylles meurent au soleil.



# de l'estran

PAR LOIC CHAUVEAU  
PHOTOS CHRIS MICHELOTTI

## Au sec, le tourteau reste à l'eau

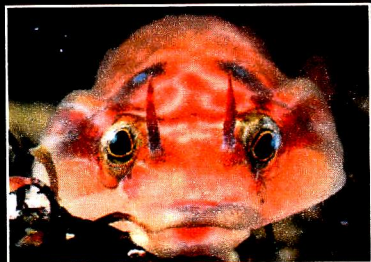
*Cancer pagurus*, les pattes repliées, semble assoupi, d'où son surnom de "dormeur". En réalité, à marée basse, le tourteau est occupé à humidifier ses branchies en permanence avec les quelques centilitres d'eau qu'il retient sous sa carapace.





## La galathée noire sème la terreur

Yeux rouges, taches bleues sur la carapace, pinces brandies : *Galathea squamifera* cherche à effrayer ses prédateurs. A marée haute, ce petit crabe (taille réelle) aux pattes couvertes d'une soie rare s'arrache au fond marin pour nager dans le courant.



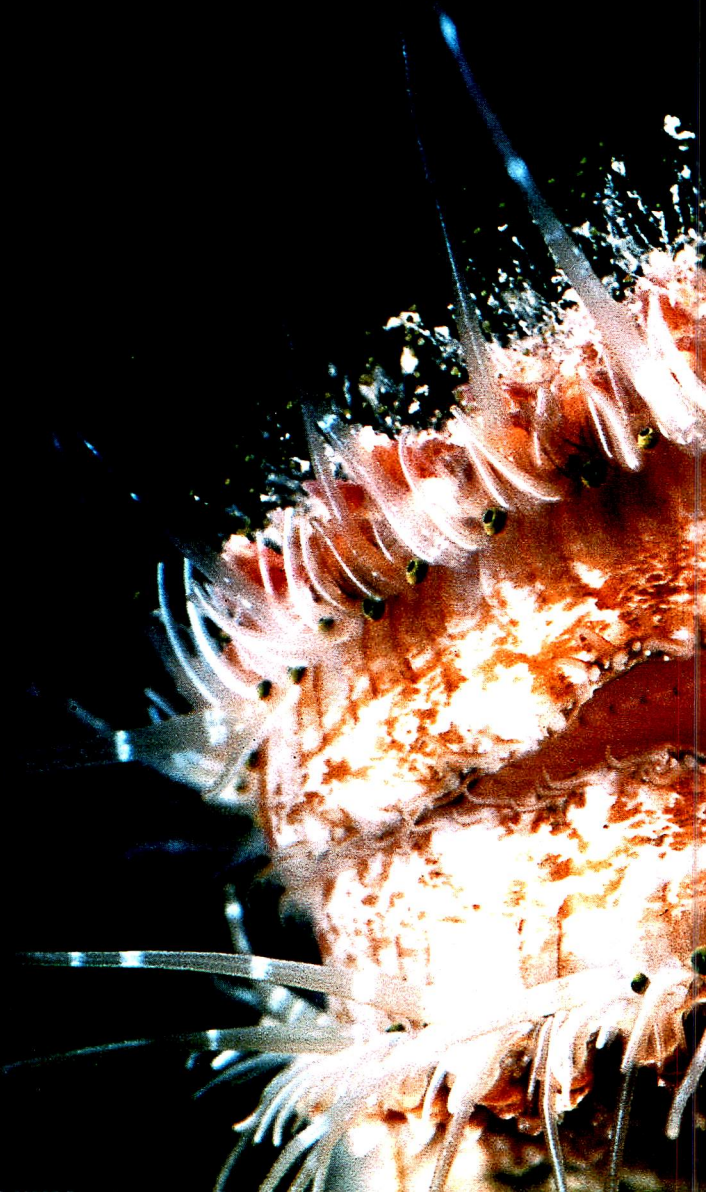
## Le poisson ventouse résiste aux courants

Les nageoires de *Lepadogaster* ont évolué en ventouses. Il reste collé au rocher malgré le flux et le reflux.



## Les nudibranches changent de couleur

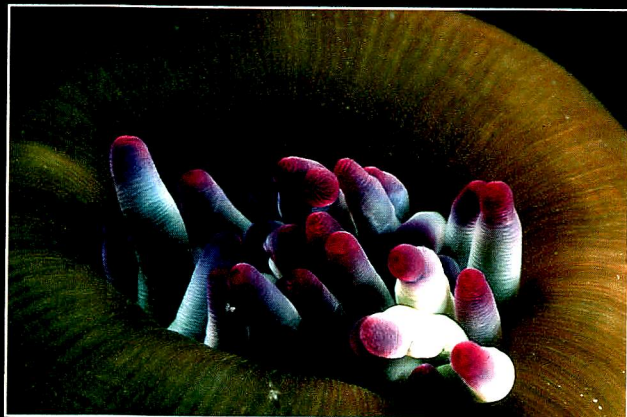
Ces mollusques gastéropodes n'ont pas de coquille à l'âge adulte. Leur carapace est sous la peau. *Archidoris pseudoargus* (en haut) ne se nourrit que d'anémones, dont il prend la couleur. En bas, *Limacia clavigera* (à gauche) et *Polycera quadrilineata* en train de pondre sur une laminaire.





## L'anémone fait bande à part

Les actinies (ici, *Actinia sulcata*), encore appelées "anémones de mer" à cause de leurs nombreux tentacules qui les font ressembler à des fleurs, se déplacent sur les fonds marins. Très agressives, elles ne supportent pas le voisinage de leurs congénères.



## Le pétoncle multiplie les regards

A marée haute, les valves grandes ouvertes, *Chlamys varia* inspecte son univers de ses multiples yeux vert et noir. Ses poils collectent le microplancton dont il se délecte. A marée basse, tapi sous un caillou, il referme hermétiquement sa coquille et marine dans un peu d'eau six heures durant.





# Pour en finir avec les «cochonneries»

**Certains éleveurs bretons semblent enfin décidés à modifier leurs comportements afin de réduire la pollution due au lisier de porc.**

PAR LOÏC CHAUVEAU

**R**ené André est plutôt fier des blocs de béton brut posés à deux pas de sa ferme, à la sortie de Lamballe (Côtes-d'Armor). Le bâtiment abrite une station d'épuration qui traite le lisier de ses 400 truies et de celles de ses trois voisins. Ils ont déboursé 2 millions de francs pour ne plus polluer leur coin de Bretagne. Cela fait trois ans que l'installation tourne. René veut que cela se sache, un peu pour désamorcer la colère des écologistes et des consommateurs d'eau, beaucoup pour convaincre ses confrères de suivre la même démarche. Dans la Bretagne du cochon, c'est franchement nouveau !

## PRISE DE CONSCIENCE

Fertilisation raisonnée, alimentation équilibrée des porcs, épuration des effluents : «Les solutions à la pollution due aux élevages sont à

portée de main. Il ne reste qu'à les mettre en œuvre.» Il serait temps...

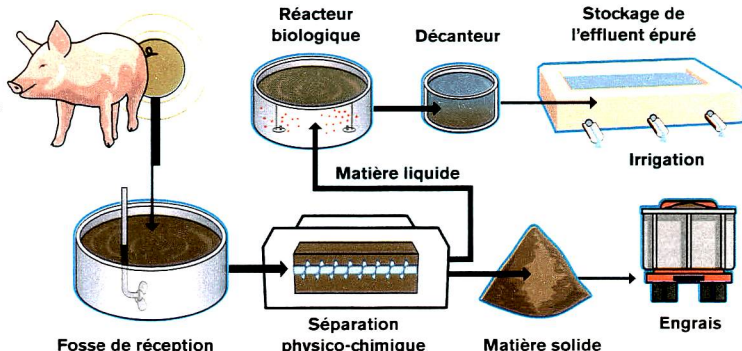
Au milieu des années 70, l'agriculture bretonne prend le virage de la production industrielle. Les hangars qui poussent près des fermes deviennent le symbole de cette modernité : le consommateur veut de la viande pour pas cher, le marché est européen, la fortune est au coin du champ. Et le lisier n'est-il pas un bon fertilisant, avec 5 kg d'azote, 3 kg de potasse et 4 kg de phosphore par mètre cube ? Aucune recherche n'est menée sur ce que les sols peuvent supporter.

A la fin des années 80, la filière trouve sa vitesse de croisière. Les bâtiments d'élevage porcin hors sol

sont devenus le signe très visible d'une pollution nouvelle. C'est durant cette période de production intensive que Louis Guillemot, ingénieur agricole, visite la station d'épuration pilote d'une ferme collectiviste en Tchécoslovaquie. Le traitement physico-chimique y est emprunté aux stations d'épuration des collectivités locales. Les matières organiques sont séparées physiquement, sous haute pression, des effluents liquides. Les boues très liquides sont orientées vers un bassin de décantation où elles subissent une digestion bactérienne de l'azote. On obtient ainsi un déchet solide, utilisable comme compost organique, et une eau jau-

## Du lisier bien traité

1 m<sup>3</sup> de lisier représente environ 985 l d'eau et 15 kg de matière organique. Le traitement physico-chimique sépare l'azote, la potasse et le phosphore des effluents liquides grâce à une presse à air comprimé. Les autres éléments organiques sont digérés par des cultures bactériennes dans un décanteur. On obtient deux produits valorisables : un compost organique solide, et un effluent liquide destiné à l'irrigation des cultures.







## « Les solutions sont à portée de main... »

Pour résoudre le problème du lisier, René André (au centre) et ses trois voisins, producteurs de porcs dans les Côtes-d'Armor, ont choisi d'investir deux millions de francs dans la construction d'une station d'épuration.

nie de protéines convenant tout à fait à l'irrigation du maïs.

Louis Guillemot a l'idée de promouvoir en France ce type d'équipement. « A l'époque, raconte-t-il, la Lyonnaise des Eaux avait un site pilote de ce genre en Bretagne. Il fonctionnait bien, mais il sera abandonné faute de marché. » Les grandes entreprises de gestion de l'eau ont bien cerné le paradoxe. La production dépasse les 12 millions de porcs. Or, une truie et ses vingt petits produisent ensemble, en une année, de 16 à 20 m<sup>3</sup> de lisier. Il faudrait donc que les éleveurs se paient des stations d'épuration équivalentes à celles des villes de

plusieurs millions d'habitants, et ce, sans la moindre subvention...

Louis Guillemot fonce malgré tout : « Il était évident qu'on serait obligés d'agir un jour ou l'autre. » En 1993, il fonde Bio Armor Environnement. « Tous les ans, je pensais que le marché allait frémir. Rien. En dix ans, j'ai construit en tout et pour tout une dizaine de stations. » Et, pendant ce temps, la situation se détériorait...

### LES NORMES SE DURCISSENT

« C'est vrai qu'on a traîné », reconnaît René André. « Mais nous avons subi, pendant les années 90, deux crises du marché porcin qui nous



ont fait perdre beaucoup d'argent. »

Tandis que la majorité des 60 000 exploitants bretons refuse de voir la réalité, agronomes et ingénieurs travaillent d'arrache-pied pour adapter l'agriculture bretonne aux normes d'épandage européennes, qui se durcissent : « En 1990, le premier règlement autorisait 400 kg de lisier par hectare », note Pierre Quideau, chargé d'études sur l'environnement à la chambre d'agriculture des Côtes-d'Armor. « En 2001, la norme est de 150 kg/ha. Les plantes profitent



## L'ALGUE ANTITOURISME

plus du fertilisant épandu, elles l'absorbent totalement.»

Aujourd'hui, la Bretagne doit trouver comment résorber son excédent annuel de 41 000 t d'azote – et tout faire pour qu'il ne se retrouve pas dans l'eau...

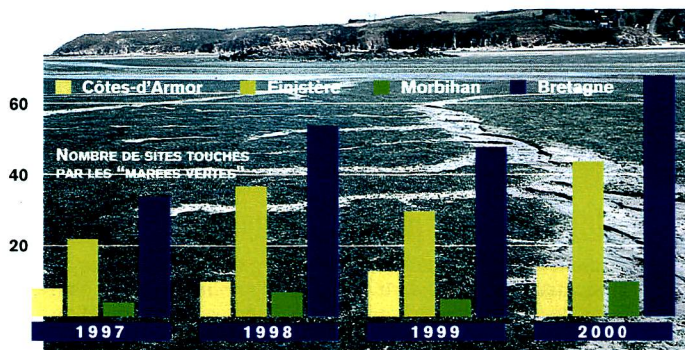
La première solution consiste à réduire le recours aux engrais minéraux (dont provient la moitié de l'azote en Bretagne). Il faut donc rendre systématique l'utilisation du lisier sur le blé.

### DE NOUVELLES PRATIQUES

«Auparavant, explique René André, je ne mettais du lisier que sur les champs destinés au maïs, avant de semer, parce que la terre est à nu : on peut facilement entrer sur la parcelle avec la tonne [la remorque] à lisier. Pour le blé, en février, j'épandais de l'ammonitrate, parce que le blé est sorti, et la terre, plus meuble.» Désormais conscient du problème, il s'efforce d'épandre du lisier même sur ses champs de blé (en dégonflant les pneus pour ne pas tasser le sol). «Aujourd'hui, dit-il, je ne mets quasiment plus d'engrais minéral.»

Un tel changement de comportement, si tant est qu'il se généralise, ne rend évidemment pas inutiles les stations d'épuration. L'élément nouveau, c'est que les éleveurs commencent à investir : «Cinquante stations ont été construites durant la dernière décennie», compte Pierre Quideau. «Au cours de la seule année 2000, plus d'une centaine d'unités ont été installées.» Les éleveurs sont las d'être montrés du doigt. Comme les cours du porc sont actuellement très bons, ils ont moins peur d'investir. Louis Guille-

■ Au milieu des années 80, l'apparition des «marées vertes» a rendu tangible l'invisible pollution des rivières et des eaux littorales bretonnes par les élevages. Algue opportuniste, la verte *Ulva armoricana* se repaît de nitrates, dont la quantité moyenne dans les rivières augmente de 1 mg/l par an. «Sa prolifération ne met pas en danger l'écosystème marin», assure Patrick Dion, du Centre de valorisation des algues (CEVA). «Au contraire, elle nettoie le milieu des excédents de nitrates.» En fait, ce sont les hommes qui sont le plus perturbés. Les tonnes d'algues vertes échouées sur les plages découragent les touristes... Les communes sont contraintes d'agir pour sauver le commerce local. La seule parade, aujourd'hui, est la collecte des algues avec des engins de chantier. Mais la mise en décharge ou le compostage coûtent plusieurs millions de francs par an. Des essais d'épandage sur prairies sont en cours dans le Finistère nord pour tester la tolérance des sols. Seule solution radicale : supprimer tout rejet de nitrates dans l'eau. L'idée fait son chemin grâce à des politiques concertées sur les bassins versants des rivières bretonnes. Mais il faudra des décennies avant de voir le phénomène se réduire : «Il y a tant de nitrates dans l'eau que l'algue a de quoi survivre pendant très longtemps», regrette Patrick Dion.



A. MEYER, CEVA

mot n'en profitera pas : son entreprise, exsangue, a été achetée par Vivendi en 1999, preuve que le marché existe maintenant.

La Cooperl s'y est d'ailleurs engouffrée. Première coopérative porcine de la région (2,8 millions de porcs par an), elle a créé une filiale spécialisée dans le traitement du lisier, Dénitral, dirigée par Jackie Bonnin : «Notre objectif est d'équiper très rapidement les 1 200 adhérents de la Cooperl.» Son carnet de commandes est plein. La société construit elle-même ses stations, dont Jackie

Bonnin assure qu'elles éliminent 97 % du phosphore et 90 % des nitrates. En juin 2001, il annonce fièrement que les éleveurs d'Hénanbihen (près de Lamballe), capitale du cochon avec une production de 100 000 porcs charcutiers par an, ont résorbé leur excédent de lisier.

Ceux qui ont investi voudraient que l'opinion publique reconnaisse leurs efforts. Ce n'est pas encore le cas. Alors le sujet fâche, et la profession abandonne son esprit de corps. «Tout cela, lâche René André, à cause de ceux des nôtres qui travaillent comme des cochons.»



# Les ravageurs n'ont qu'à bien se tenir!

**Le Finistère va accueillir un nouveau laboratoire de biologie cellulaire chargé d'étudier et de lutter contre les ravageurs des fruits et légumes.**

C'a y est, le financement est trouvé, le projet scientifique, approuvé, et la première pierre du nouveau laboratoire de l'institut Bretagne biotechnologie végétale (BBV) ne devrait pas tarder à être posée. A Saint-Pol-de-Léon (Finistère), on étudiera sous haute protection des ravageurs de fruits et de légumes fraîchement débarqués en France et dont les attaques se multiplient. Il y avait urgence. «L'augmentation des échanges commerciaux permet l'arrivée de nouvelles maladies virales des plantes», explique le Dr Carine Monier, qui dirigera l'unité de recherche. «Or, les virus voyagent rarement avec leurs propres "prédateurs" (autres virus, climat particulier...). Aussi les infestations sont-elles très graves.»

## EN PREMIÈRE LIGNE

Dans la lutte contre ces envahisseurs, le BBV est en première ligne. Il agit pour le compte des 5000 producteurs de légumes groupés sous le label Prince de Bretagne. Pour maintenir la qualité de leurs choux-fleurs, artichauts, pommes de terre et tomates, ils ont créé voilà dix ans cet institut chargé d'améliorer les variétés et de lutter contre leurs ravageurs.

«Tous les champs sont semés d'une même variété de légume à une époque donnée», explique Serge Mabeau, directeur du BBV. «Une infestation peut donc faire d'énormes dégâts sur des surfaces

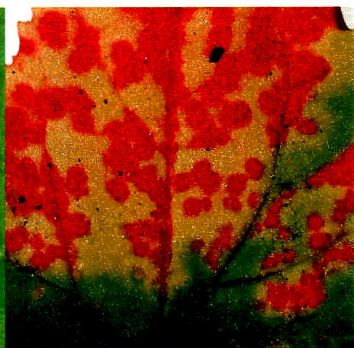
considérables.» Voilà ce dont sont capables ces nouveaux hôtes, dits "de quarantaine" car leur découverte implique des mesures drastiques pour éviter la dissémination.

A la fin des années 80, les arboriculteurs ont ainsi vu arriver le redoutable virus de la sharka (PPV, pour *Plum Pox Virus*), qui s'attaque aux arbres fruitiers, notamment



il parvenu en 1999 jusqu'à des cultures de tomates sous serre, en Grande-Bretagne et aux Pays-Bas? Nul ne sait. Très virulent, le ravageur a rapidement infesté 40 % des exploitations néerlandaises. Son vecteur principal est l'homme, qui le transporte sur ses mains, ses vêtements, ses outils de taille et de greffage, et qui le transmet par simple contact. La plante atteinte se reconnaît à ses feuilles tachées de jaune, recroquevillées et semées de boursofflures foncées.

En France, on signale la maladie pour la première fois en décembre 1999, dans le Léon (Finistère nord), où se concentre l'essentiel de la production française de tomates sous serre. Le groupement de producteurs réagit immédiatement en détruisant les deux hectares de plantations touchés.



## Les dégâts d'un hôte indésirable

A gauche, une feuille saine de chénopode (plante sauvage commune dans les cultures). A droite, les dégâts dus à un virus de la pomme de terre.

aux pruniers. La pomme de terre vit depuis une décennie sous la menace du virus Y. Quant au chrysanthème, il est victime d'un champignon (*Puccinia horiana*) venu d'on ne sait où, qui provoque une "rouille blanche" peu esthétique.

Mais, si l'on construit en urgence le nouveau laboratoire, c'est surtout à cause du terrible virus de la mosaïque du pépino – un légume d'Amérique latine qui ressemble à l'aubergine. Comment ce virus est-

Première mission du nouveau laboratoire, donc : identifier le virus de la mosaïque du pépino et trouver une parade efficace et respectueuse de l'environnement. Ensuite, il devra s'attaquer au *Tomato Yellow Leaf Curl Virus*, transmis par un minuscule insecte, *Bemisia tabaci*, et signalé pour la première fois en France en 1999. Ou encore au virus de la chlorose de la tomate, repéré à la frontière espagnole... L. C.





# Des goûts et des couleurs

**Chou-fleur orangé et maquereau aux agrumes ne s'inviteront dans nos assiettes que s'ils passent avec brio une série de tests. C'est à Quimper que leur sort se décide.**

PAR LOÏC CHAUVEAU

**L**e chou-fleur possède un gène qui pourrait lui donner une belle couleur orange. C'est Stéphane Bourry, un généticien moléculaire de l'institut Bretagne biotechnologie végétale (BBV), qui l'a déniché. Il s'est empressé d'activer ce gène habituellement silencieux.

## UNE PETITE ARMÉE DE GOÛTEURS

Quelques études de marché plus tard, le chou-fleur orange a gagné le droit de s'inviter à nos tables. Pour nos papilles, aucun changement. Il conserve cette saveur de beurre qui fond sur la langue. Une petite armée de goûteurs est régulièrement sollicitée pour le vérifier. Au début, ce mutant sera réservé aux salades et aux légumes d'accompagnement fantaisie vendus au rayon surgelés. Il se passera quelque temps avant qu'on le trouve sur l'étal des marchands de primeurs. Car l'aversion naturelle de l'homme pour toute nouveauté, notamment lorsqu'elle concerne son régime alimentaire, est très forte.

La méfiance à l'égard d'un ali-

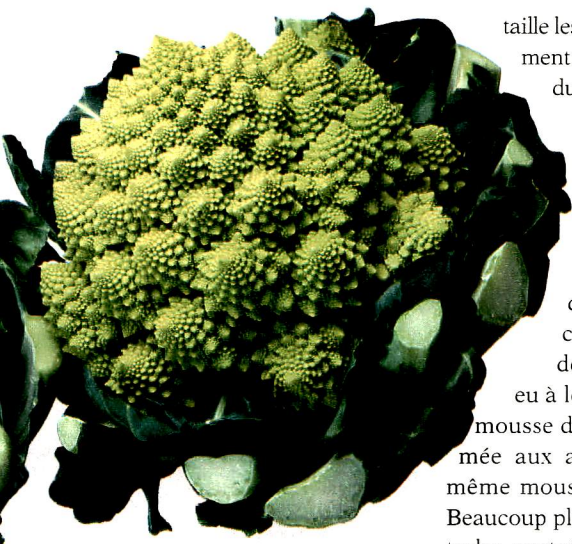
ment que l'on n'a jamais mangé, plus ou moins marquée selon les tempéraments, fait l'objet d'études à l'Association pour le développement de la recherche dans les industries agroalimentaires (ADRIA), installée au sein du pôle technologique de Quimper (Finistère).

## En quête du chou "parfait"

Les légumes (ici, de gauche à droite, un chou-fleur vert, un blanc et un Romanesco) font l'objet de nombreuses recherches. Objectif : créer des variétés résistantes aux maladies, peu gourmandes en fertilisants, économiquement rentables et, surtout, savoureuses.







taille les étapes du développement du goût chez l'enfant, du sevrage maternel jusqu'au rejet maximal de toute nouveauté, vers l'âge de 7 ans.»

La familiarisation à un produit s'étudie grâce à des tests d'exposition. Dans le cadre de leur cantine, deux classes ont ainsi eu à leur menu, l'une, une mousse de maquereau parfumée aux agrumes, l'autre, la même mousse non aromatisée. Beaucoup plus éloignée des habitudes gustatives des enfants, la mousse parfumée a été rejetée. Au fil du temps, les appréciations

se sont renforcées pour les deux produits : ceux qui aimaient au départ aimaient de plus en plus; ceux qui détestaient, détestaient de plus en plus.

Il peut en coûter cher de brûler les étapes lors du lancement d'un produit. En 1993, la Vache qui rit met sur le marché une pâte à base de lait de chèvre et une autre aromatisée à la noisette. «Quand la marque nous a ensuite commandé une étude, nous avons constaté un fort rejet de la pâte au chèvre», dit Frédéric Vey. Ce produit a été un échec commercial. Qu'advient-il du chou-fleur orange?

.....  
(1) *L'Honnivore : le Goût, la Cuisine et le Corps*, Odile Jacob, 2001.

« Nous nous appuyons sur les travaux menés dans les années 70 par des psychologues, notamment Birch, Fischler et Rozin », explique Frédéric Vey, chef du département des sciences de la consommation. « Et nous les appliquons, à la demande de l'industrie agroalimentaire, pour déterminer le degré d'acceptation d'un nouveau produit.

### ENTRE DÉGOÛT ET LASSITUDE

C'est le Néerlandais Ep Köester qui a le mieux expliqué le rapport qu'entretient l'homme avec le goût. Il a fait la synthèse de deux théories apparemment antagonistes. La première stipule que tout stimulus nouveau engendre un phénomène de peur; l'exposition répétée à ce stimulus permet ensuite de réduire cette peur. L'autre théorie assure qu'une exposition répétée engendre la monotonie, un phénomène de lassitude, qui atténue le plaisir procuré par le stimulus. Köester a unifié ces deux théories pour décrire le processus de familiarisation à un goût nouveau. C'est un processus lent, qui atteint un pic à partir duquel commence la lassitude, laquelle survient bien plus vite que la familiarisation. En reprenant ce schéma, Claude Fischler (1) dé-

## Géraniums pirates

Grâce à une banque de données unique en son genre, finis les "géraniums pirates"!



BBV a établi la séquence génétique de chacune des variétés de pélagonium vendues en Europe.

La première banque de données au monde à rassembler les informations génétiques de l'ensemble des variétés d'une même plante a été élaborée à Saint-Pol-de-Léon (Finistère), avec le soutien de l'Union européenne. On la doit à l'institut Bretagne biotechnologie végétale (BBV). Elle répertorie le code génétique de toutes les variétés de pélagonium vendues en Europe. Un formidable outil de lutte contre le "piratage"!

En effet, la moitié des pélagoniums (communément appelés – à tort – géraniums) sont vendus de façon illégale : des producteurs in-

déliés commercialisent sans en avoir le droit des plants protégés par des licences (des "certificats d'obtention végétale"). Les poursuites sont rares. Pour prouver l'infraction, il faudrait cultiver la plante litigieuse dans les mêmes conditions qu'une plante témoin, afin de comparer feuilles et fleurs. Une procédure qui prend deux ans... Dorénavant, les boutures saisies seront immédiatement envoyées au BBV pour analyse. Leur code génétique dira alors en une semaine s'il y a délit ou non. L. C.





# Le haut débit breton

Calculs partagés et travail collaboratif...

L'avenir du Net se joue aussi quelque part entre Rennes et Lannion.

PAR CLAUDE REYRAUD

**V**THD (Vraiment Très Haut Débit) : le sigle du réseau expérimental de France Telecom sonne vraiment très français dans le concert des abréviations anglo-saxonnes qui alimentent le jargon des informaticiens. Avec le VTHD, l'opérateur national et ses partenaires entendent se placer à la pointe du progrès. A l'automne 1999, ils ont battu le record mondial de la transmission *via* une fibre optique conventionnelle : 1 téraoctet par seconde (Tbit/s), soit mille milliards de 0 ou de 1, l'équivalent du contenu de cent encyclopédies de 28 000 pages chacune transmis en une seule seconde, et ce, sur une distance de 1 000 km.

Depuis, les Américains ont fait mieux : 3 Tbits/s sur 7 000 km. A cette vitesse, les maillons faibles restent les aiguillages, les "routeurs" qui guident les paquets d'informations vers leur cible.

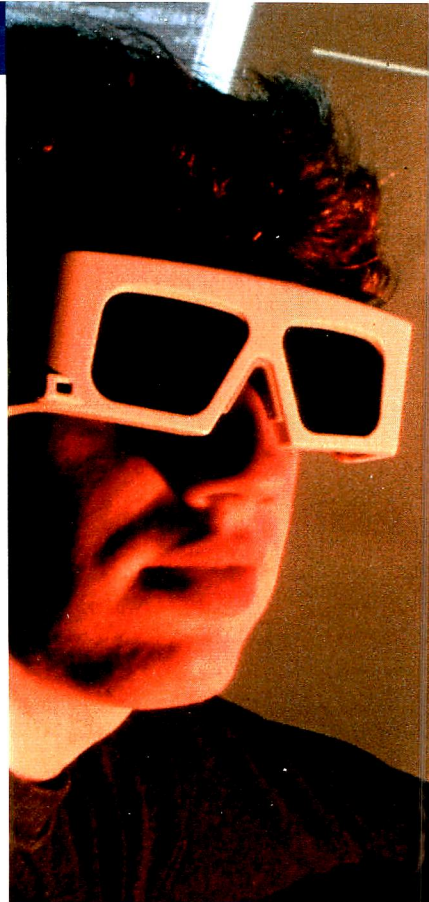
Le réseau VTHD, qui s'étend de Rennes à Nancy et de Paris à Nice (Sophia-Antipolis), compte huit routeurs choisis parmi les plus performants du moment. Ils brassent simultanément jusqu'à seize longueurs d'onde lumineuse.

Dans le cadre d'un usage courant, ce multiplexage permet un débit de 40 Gbits/s par fibre, soit l'équivalent de 625 000 liaisons téléphoniques. Le gros avantage de cette technologie, baptisée WDM (*Wave length Division Multiplexing*), est de pouvoir ajouter ou soustraire des longueurs d'onde selon les besoins du réseau.

Mais il ne s'agit pas seulement de battre des records de débit. L'enjeu est de préparer un internet de deuxième génération, capable de véhiculer de gigantesques quantités d'informations avec la certitude qu'elles arrivent à bon port et en temps voulu. Cette garantie – loin d'être obtenue aujourd'hui – est essentielle pour permettre le bon fonctionnement d'applications telles que les calculs partagés, la visualisation d'objets en temps réel, la commande à distance ou le travail collaboratif, des applications qui ne tolèrent aucun retard dans les échanges de données.

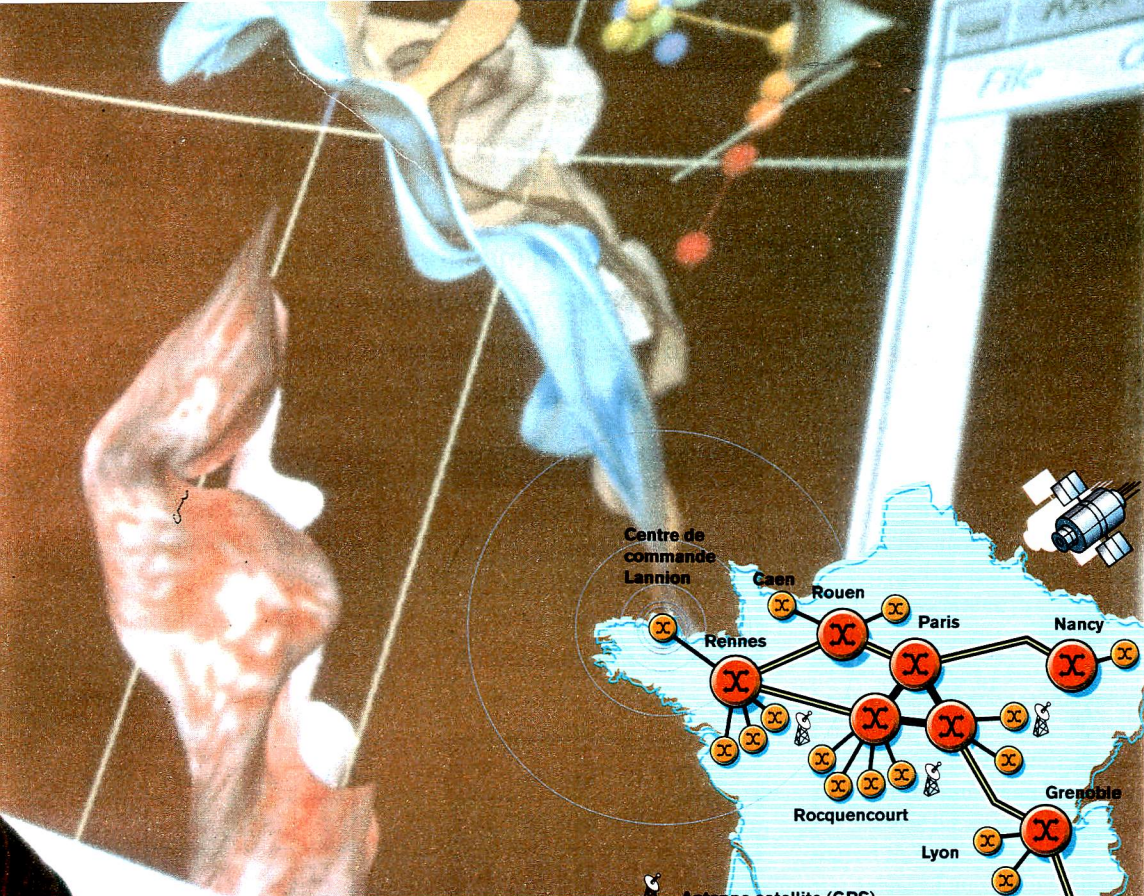
## LES JOIES DU HAUT DÉBIT

A l'Institut de recherche en informatique et systèmes aléatoires (IRISA), à Rennes, un bon nombre de chercheurs ont vu leur projet agréé par France Telecom



R&D et goûtent aux joies du haut débit. Par exemple, au sein du programme de recherche SIAMES (synthèse d'images, animation, modélisation et simulation), l'ingénieur Alain Chauffaut et ses collègues Frédéric Devillers et Thierry Duval testent un environnement coopératif (en réseau) dans lequel ils travaillent avec leurs homologues de l'Institut national de recherche en robotique et intelligence artificielle (INRIA), situé à Rocquencourt, dans les Yvelines. Ensemble et simultanément, ils peuvent manipuler les éléments d'un habitacle de voiture générés par un logiciel de CAO (conception assistée par ordinateur). Muni d'un casque de visualisation et d'une tablette à stylet, chacun tire les sièges, ouvre les portières ou modifie les couleurs de l'objet, qui apparaît en relief à tous les participants, réunis en vidéoconférence. Il ne manque que





## La réalité virtuelle dopée au VTHD

Le réseau expérimental à très haut débit de France Telecom (VTHD) est configuré depuis le centre de Lannion. Son application à l'imagerie médicale en 3D (ici, une plate-forme de réalité virtuelle à l'IRISA, à Rennes) nécessite autant de débit que de réactivité.

les dispositifs à retour de force, de petits moteurs qui simulent les réactions d'objets manipulés à distance (masse, inertie, résistance...), pour passer aux essais de conduite virtuelle en groupe...

### EN TEMPS RÉEL

Entre Rennes et Rocquencourt, la bande passante (le débit offert) s'élargit ou s'amenuise instantanément selon les besoins des utilisateurs, sans qu'aucun retard ne soit perceptible. Il serait gênant, remarque Jean-Jacques Damla-mian, directeur de la recherche et du développement chez France Telecom, qu'au cours d'un jeu coopératif, on soit touché par un adversaire que l'on croyait avoir

anéanti ne serait-ce qu'une seconde auparavant... A Rennes, le centre de commande du VTHD veille à éviter ce genre de problème. Il dispose, en temps réel, d'une image du réseau et des demandes des utilisateurs. Son imposant système informatique reconfigure les routeurs selon les besoins, en tenant compte des mesures de performance du réseau réalisées *via* les liaisons satellites. Il faut en passer par là pour garantir une durée minimale d'acheminement des données. Cette gestion doit être si rapide que, dans l'idéal, tout devrait se passer comme si les routeurs reconnaissaient eux-mêmes la nature des paquets d'informations.

Or, cet idéal est difficile à atteindre, confie Christian Guillemot, chef du projet VTHD au centre de Lannion. C'est là, à 250 km de Rennes, que son équipe de quinze ingénieurs-chercheurs teste les configurations et mène la valse des routeurs. Les données qu'il accumule depuis les débuts du VTHD français fourniront les clés du futur internet à haut débit européen. Un réseau qui trouvera ses premières applications dans un an, quand la phase d'expérimentation sera achevée, et qui assurera les liaisons informatiques entre les administrations, les sociétés et les laboratoires les plus gourmands en traitement de données.





# Communications : le silence est d'or

**P**lus les antennes sont petites, moins elles sont efficaces. La transmission de données en pâtit : elle est déformée, parasitée, lacunaire – “bruitée”, disent les spécialistes. Les systèmes les plus performants pour restaurer l'intégrité des informations dégradées sont les “turbo-codes”, inventés en 1993 par Claude Berrou et Alain Glavieux, de l'Ecole nationale supérieure des télécommunications (ENST) de Bretagne. Très simples, ils tiennent dans de minuscules puces de silicium, facilement intégrables dans les portables ou les satellites.

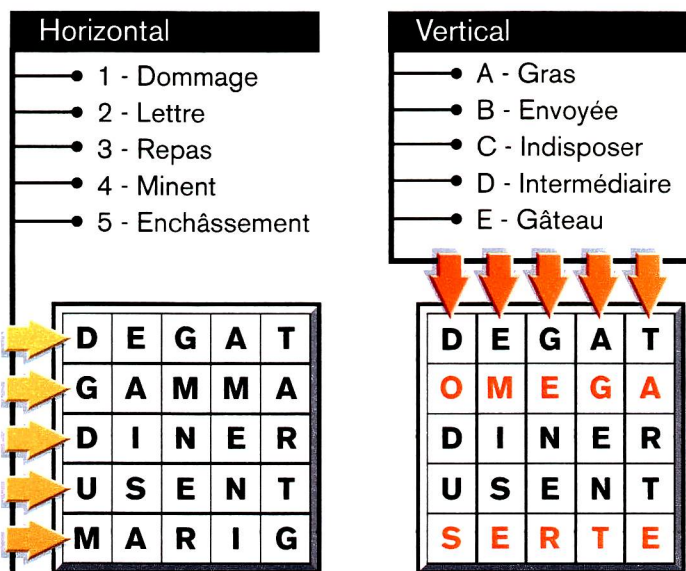
Les turbo-codes sont donc en passe de devenir incontournables, que ce soit dans les sondes spatiales ou au cœur des futurs téléphones mobiles UMTS (qui donneront accès à l'internet à haut débit). Les start-up brestoises qui naviguent dans le sillage de l'ENST de Bretagne détiennent ainsi les clés de nouveaux marchés très prometteurs.

## LES ASTUCES DU TURBO-CODE

Le principe du turbo-code est particulièrement astucieux. Avant la transmission des données, qui se fait par “paquets” formatés, chaque paquet forme un tableau. Celui-ci est d'abord lu horizontalement et encodé ligne par ligne, puis il subit la même opération colonne par colonne. Le message transmis peut ainsi être vérifié à l'aide des deux décodages, horizontal et vertical, selon un principe qui ressemble à celui des mots croisés.

Si on parle de turbo-code, c'est par référence au moteur turbo, qui gagne en puissance en utilisant les gaz d'échappement pour compres-

La géniale invention de deux chercheurs de l'ENST de Bretagne permet de restaurer l'intégrité des transmissions dégradées par le “bruit de fond”.



B. BOURGEOIS

## Les télécoms jouent aux mots croisés

Le principe du turbo-code est celui des mots croisés. Les définitions, incluses dans le message, permettent de le décoder horizontalement et verticalement et de reconstituer une grille correcte (à droite).

La grille de gauche, dont la deuxième et la cinquième ligne sont fausses, illustre ce qui se passe lors d'une mauvaise transmission des données.

ser le mélange d'admission. Ici, l'information d'origine est réutilisée pour être recoupée deux fois.

L'efficacité des turbo-codes flirte avec la limite prédite par la théorie de l'information qui fonde toute l'informatique actuelle. Ils laissent loin derrière eux tous les codes concurrents.

Autre avantage décisif : les petits paquets de données ne les effraient pas. Alors que les codes classiques sont coincés par une longueur limite (ils ont besoin de recouper un grand nombre de bits à la fois), l'invention bretonne s'adapte aux

variations de taille des paquets. Ce qui est indispensable pour le multiplexage d'informations – par exemple, lors des transmissions par satellite, qui véhiculent des informations dont la définition est donnée par des paquets de tailles différentes : 188 octets pour les images vidéo compressées, 150 octets pour les signaux de commande des engins spatiaux, ou 53 kilo-octets pour les paquets de transfert de données informatiques. Des performances qui garantissent aux turbo-codes bretons un succès mondial.

C. R. ■



# Vive les vacances !

Science & Vie  
**JUNIOR**

Science & Vie  
**JUNIOR**

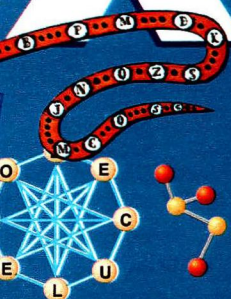
ÉTÉ 2001 NUMÉRO SPÉCIAL

UN QUIZ  
GEANT

- ★ Des centaines de jeux, colles et casse-tête
- ★ Des expériences amusantes et magiques
- ★ Des dizaines d'histoires drôles

SCIENCE ET VIE JUNIOR • SPÉCIAL JEUX • ÉTÉ 2001

# Spécial JEUX



En vente dès aujourd'hui



# Vers un vaccin anti-drogue

**Stratégie originale contre la toxicomanie : rendre l'organisme insensible à la drogue.**

**V**acciner contre les drogues : voilà une perspective qui pourrait bien révolutionner la prise en charge des toxicomanes. Certes, la cocaïne, l'héroïne ou la nicotine ne sont ni des virus ni des bactéries, cibles classiques des vaccins, mais des substances chimiques qui attaquent l'organisme – notamment le cerveau – de façon plus insidieuse encore, en créant une accoutumance.

La consommation de drogues entraîne en effet une dépendance psychique caractérisée par le besoin fréquent et irrégulier

Sensation de plaisir

Substance psychoactive (drogue)

## La "récompense"...

Les drogues à risque de dépendance agissent sur le "système de récompense" du cerveau, où naissent la plupart des désirs et besoins vitaux (se nourrir, se reproduire, etc.).

pressible de consommer le produit. A l'origine de ce phénomène de manque, l'effet pervers des drogues sur le "système de récompense" du cerveau : elles procurent une sensation de plaisir que recherchent les toxicomanes (dessin ci-dessous, à gauche).

## METTRE FIN À LA DÉPENDANCE

Une des voies de recherche pour lutter contre la toxicomanie est donc la mise au point de substances capables d'empêcher les drogues d'accomplir leur effet psychostimulant (dessin ci-dessous, à droite). L'objectif n'est ni de "guérir" ni de provoquer un quelconque dégoût, mais simplement de faire perdre tout intérêt pour la drogue, ou, du moins, de mettre fin à la dépendance. « Il s'agit d'induire, chez le toxicomane, la production d'anticorps capables de "bloquer" la substance toxique qui circule dans le sang ; il faut empêcher celle-ci de pénétrer dans le cerveau pour rejoindre ses récepteurs et stimuler le système de récompense », explique Bernard Roques, directeur

de l'Unité de pharmacochimie moléculaire et structurale (unité mixte INSERM/CNRS). « Le problème est que les molécules comme la cocaïne, trop petites, ne suffisent pas à elles seules à déclencher une réaction immunitaire. Il faut modifier la molécule d'origine et la coupler à une protéine de grande taille, dite "porteuse".

Dans le secret des laboratoires, l'idée fait son chemin depuis plus de vingt-cinq ans. Dès 1974, des scientifiques de l'université de Chicago avaient mis en évidence, chez des macaques, que l'injection d'une molécule dérivée de l'héroïne permettait d'infléchir le comportement d'auto-administration de la drogue chez ces animaux. Com-

Substance psychoactive (drogue)

Production d'anticorps par le système immunitaire

## ... interdite

Le principe du vaccin contre la drogue est d'induire chez le toxicomane la production d'anticorps capables de bloquer la substance psychoactive avant qu'elle n'arrive au cerveau.

DESSINS A. MEYER



me le fait un vaccin contre un micro-organisme, la molécule dérivée de l'héroïne induisait la production d'anticorps, susceptibles de reconnaître également la molécule d'héroïne naturelle. Les macaques vaccinés se désintéressaient peu à peu de la drogue, devenue sans effet sur eux.

Vingt ans plus tard, l'équipe de Kim Janda, du Scripps Research Institute de La Jolla (Californie), montrait qu'il est possible d'immuniser des rats contre la cocaïne en leur administrant, cette fois, un analogue de la molécule savamment modifiée.

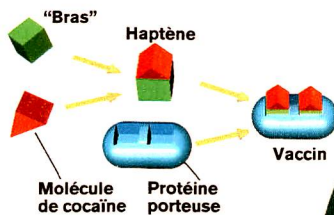
Malheureusement, avec ce type de vaccin, il suffirait aux toxicomanes d'augmenter leur dose de drogue pour en retrouver tous les effets : chez les rongeurs, les anticorps anti-cocaïne produits à la suite de la vaccination se sont révélés trop peu nombreux pour inhiber une forte dose de drogue.

## ESSAIS SUR L'HOMME EN 2002

Mais, depuis, les vaccins ont gagné en efficacité. En février dernier, la même équipe du Scripps a ainsi annoncé la mise au point d'un autre vaccin contre la cocaïne, en collaboration avec la société franco-américaine DrugAbuse Sciences (DAS). Les résultats obtenus chez l'animal sont encourageants : on observe une meilleure affinité des anticorps avec la cocaïne, un taux plus stable de ceux-ci dans le sang et, surtout, de bien meilleurs résultats sur le plan physique. Développé selon une méthode brevetée, le produit, baptisé ITAC, est composé de cocaïne modifiée, liée chimiquement à une protéine de mollusque. Plusieurs formulations sont actuellement testées sur d'autres espèces animales. L'étape décisive des essais chez l'homme est prévue pour 2002 aux Etats-Unis et en Europe.

## Un piège à cocaïne

Les chercheurs ont greffé un "bras" à la cocaïne de façon à former un haptène qui s'accroche à une grosse protéine porteuse. Le vaccin comprend de cinq à vingt haptènes. Injecté dans l'organisme, il induit une réponse immunitaire : la production d'anticorps qui s'assemblent à la cocaïne et qui la bloquent. Le toxicomane est immunisé : désormais, s'il consomme de la cocaïne, il produira des anticorps qui la neutraliseront.



Pourtant, malgré de premiers résultats encourageants, certains scientifiques estiment que le vaccin ne représente pas une solution contre la toxicomanie. « En bloquant partiellement ou totalement l'effet de la drogue, les anticorps accentuent le phénomène de manque et risquent de conduire de ce fait à une surconsommation du produit », estime Pierre Sokoloff, du centre Paul-Broca, à Paris. Le manque est un processus complexe, qui diffère selon la nature des drogues. Ainsi, ses symptômes sont physiques et douloureux avec l'héroïne, mais seulement psychiques avec la cocaïne ou la nicotine. Combattre ce phénomène serait la solution ultime, mais les mécanismes qui induisent la sensation de manque sont loin d'être connus.

Plus qu'une solution radicale à la toxicomanie, le vaccin offrirait plutôt une prévention de la rechute, selon Jacques

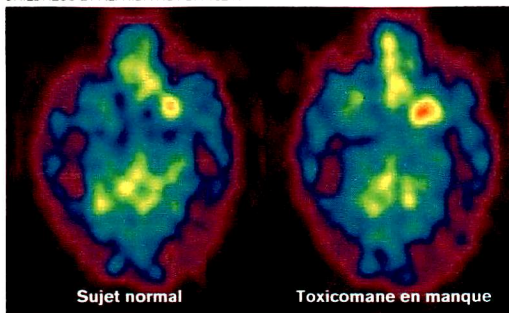




Kusmierek, directeur scientifique de la société DAS. « Les anticorps ont une capacité de neutralisation de la drogue que le sujet peut dépasser en en prenant des quantités plus importantes pour retrouver les sensations habituelles : c'est pourquoi l'on dit qu'un tel vaccin est "surmontable". Il est donc destiné aux toxicomanes très motivés, qui veulent s'en sortir : soit pour faciliter l'abstinence, soit pour éviter la rechute en cas de dérapage. On sait que, pour un sujet en cours de désintoxication, une seule prise est synonyme de rechute. Le vaccin a pour but d'éviter ce "une seule fois". »

### UN "EFFET DE POMPE"

Reste une approche un peu différente : l'immunisation passive, qui, elle, fait l'unanimité. Au lieu de stimuler les défenses immunitaires au moyen d'un vaccin, on administre directement des anticorps capables de neutraliser la drogue, notamment en cas de surdose. Ces anticorps prêts à l'emploi sont administrés alors que la



### Le manque en images

**Ces scanners montrent l'effet sur le cerveau de la projection d'un film sur la cocaïne. Chez le toxicomane en manque, davantage de zones liées aux émotions sont activées.**

fixe de manière sélective au principe actif de cette dernière, l'empêchant d'atteindre ses cibles principales, à savoir le cerveau et le cœur. D'action très rapide – de l'ordre de quelques minutes –, cette substance évite les effets délétères et vasoconstricteurs de la cocaïne, responsables des infarctus du myocarde qui menacent les cocaïnomanes.

Une équipe de l'université Columbia (New York) travaille, quant à elle, sur des anticorps dits "catalytiques". Une fois liés spécifiquement à la cocaïne, ils la découpent en morceaux. Encore

plus importantes que celles des autres vaccins anti-droge », estime Erich Cerny, immunologiste à Genève et "inventeur" d'un vaccin antitabac. « La quantité de nicotine inhalée est en effet bien moins importante que les doses de cocaïne (ou autres) que

prennent les toxicomanes. »

En termes de santé publique, le retentissement d'un tel vaccin serait considérable. Selon l'American Cancer Society, une diminution de 10 % du nombre de fumeurs aurait autant d'effets bénéfiques que tous les soins prodigués actuellement par les cancérologues.

### VACCINATION ANTI-NICOTINE

L'équipe dirigée par Jacques Mauël à l'Institut de biochimie de la faculté de médecine de Lausanne, qui travaille en collaboration avec la société suisse Sérolab, teste actuellement un vaccin antinicotine chez l'animal. « Concrètement, nous immunisons des souris par injection de nicotine couplée à une protéine porteuse (la chaîne bêta de la toxine du choléra, entre autres), explique Jacques Mauël. Nous testons ensuite la capacité des anticorps produits par les rongeurs à reconnaître la nicotine. » Les chercheurs suisses espèrent obtenir les autorisations nécessaires pour passer aux essais chez l'homme d'ici de dix à dix-huit mois.

Mais la concurrence dans ce domaine est rude. D'autres équipes, dans le monde, travaillent d'arrache-pied sur des vaccins antinicotine, comme la firme britannique Cantab Pharmaceuticals ou la société américaine Nabi.

Bientôt la fin du fléau ? En attendant l'arrivée de ces vaccins, tout reste, pour ceux qui veulent décrocher, une question de volonté. ■

## Destiné aux toxicomanes très motivés, qui veulent s'en sortir

drogue est déjà présente dans le sang et dans les organes cibles.

Leur mode d'action est simple : en se fixant à la drogue, ils en réduisent la concentration dans le sang. Par "effet de pompe", la drogue accumulée dans les organes cibles se retrouve de nouveau dans le sang, où elle est alors neutralisée.

Plusieurs types d'anticorps ont ainsi été mis au point. L'anticorps COC-AB, produit par la société DAS à partir de sang de cheval, agit comme un piège à cocaïne : il se

une fois, il ne s'agit pas de traiter la dépendance, mais de contrer les effets dévastateurs de l'overdose en détruisant la drogue avant qu'elle n'atteigne sa cible.

Autre espoir suscité par cette approche vaccinale : aider les fumeurs à décrocher du tabac en les immunisant contre la nicotine, selon le principe développé pour la cocaïne. La cigarette n'aurait alors plus d'effet sur eux et perdrait tout son intérêt. « Les chances de succès sont nettement



# URGENCE MEDICALE NIGER

## Aidez-nous

Deux épidémies de méningite et de rougeole  
mettent en danger la vie de milliers de personnes,  
dont les enfants particulièrement vulnérables.

Médecins Sans Frontières se mobilise  
pour les soigner et les vacciner.

**Envoyez vos dons**  
à Médecins Sans Frontières,  
BP 2000, 75011 PARIS

avec **100 F**  
on peut acheter  
**100 vaccins**  
contre la méningite.

avec **270 F**  
on peut acheter  
**200 vaccins**  
contre la rougeole.



Pour en savoir plus...

0,99F TTC/min  
**N° Indigo 0825 832 832**

**[www.paris.msf.org](http://www.paris.msf.org)**



# L'évolution en éprouvette

Alors que les protéines mettent naturellement des milliers, voire des millions d'années pour évoluer, une société de biotechnologie a obtenu le même résultat en moins de trois ans. La technique permet d'imiter en laboratoire certains mécanismes de l'évolution.

**L**es enzymes gloutons de nos lessives sont frileux : dans l'eau froide, ils perdent leur appétit pour les graisses. Résultat, des aureoles sur le linge lavé à basse température.

Les grands lessiviers s'attaquent depuis longtemps à ce problème. C'est pour eux que Novozyme, une entreprise du groupe danois Novo Group, a mis au point une solution. La société danoise vient de breveter une enzyme, une lipase, qui dévore les tâches de graisses, même à basse température. Novozyme a en effet réussi à transformer une lipase mésophile, c'est-à-dire active aux températures moyennes, en une lipase psychrophile (qui aime le froid), encore active à 10 °C.

Comment les scientifiques de Novozyme ont-ils réussi à transformer une enzyme, à modifier ses propriétés dans le sens qu'ils souhaitaient ? Ils l'ont tout simplement faite évoluer ! Ou plutôt, ils ont fait évoluer l'ADN responsable de sa production.

Mais habituellement il faut des millions d'années pour qu'une mu-

tation génétique donne naissance à une nouvelle protéine (une enzyme est une protéine), plus efficace ! Aussi, pour que les effets de l'évolution soient visibles, sur une échelle de temps humaine, les scientifiques ont-ils dû imaginer une technique qui accélère les effets de l'évolution : c'est l'évolution dirigée.

Par cette technique, les chercheurs de Novozyme ont obtenu une population d'enzymes de très grande diversité. Ne restait plus alors qu'à sélectionner les individus les plus actifs aux basses températures.

## L'ÉVOLUTION DIRIGÉE

La nouvelle enzyme miracle, qui dévore les graisses, même à basse température, est issue d'une lipase naturelle d'une bactérie de genre *Pseudomonas*, à laquelle elle ressemble encore à 85 %. Elle est juste un peu plus évoluée !

L'évolution dirigée fait son apparition en 1994. Cette année-là, Pim Stemmer, chercheur chez Afymax, une société californienne de biologie moléculaire, invente le DNA Shuffling (un brassage





## Une protéine très évoluée

En appliquant *in vitro* les principes évolutionnistes de Darwin, les chimistes de Novozyme ont obtenu la LipoPrime™, une enzyme destructrice des graisses 5 à 10 fois plus efficace que son ancêtre naturel extrait du champignon *Thermomyces lanuginosus*. Les éléments représentés en jaune sont apparus au cours de l'évolution.

d'ADN), qui lui permet d'obtenir une grande population de gènes dérivés d'un gène de départ. Le gène choisi, qui code une protéine dont on veut améliorer les performances, est coupé en petits morceaux. Ceux-ci vont se mélanger et se recoller les uns aux autres de façon aléatoire, formant ainsi des dizaines de milliers de nouvelles versions du gène. Ces gènes, appelés recombinants, sont autant d'anagrammes du gène de départ. Les fabriquer ne prend que quelques heures, mais "piocher" les plus intéressants est plus diffi-

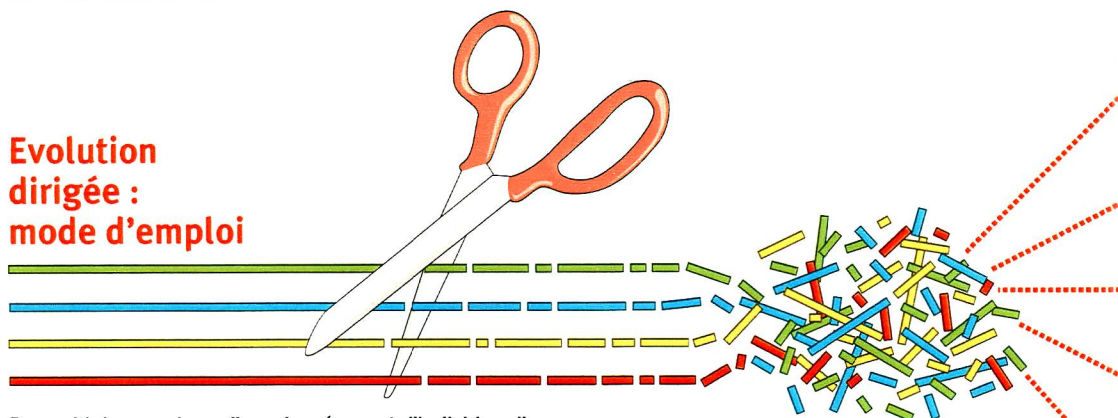
cile. Il faut pour cela introduire chacun d'entre eux dans des bactéries, qui fabriqueront les protéines correspondantes, puis trier ces bactéries. Si on recherche un gène codant une enzyme active (et dont la fonction est vitale) à basse température, il suffit de plonger les bactéries à 10 °C, par exemple. Ne survivront que celles qui fabriquent une enzyme active à cette température. Mais le plus souvent, pour repérer un gène utile, on doit extraire une à une les protéines des bactéries, puis tester *in vitro* leurs propriétés.

Comme il est rare d'obtenir du premier coup la protéine recherchée, on recombine les gènes qui ont donné les protéines les plus prometteuses. En général, au bout de cinq cycles de recombinaison/sélection, on obtient assez de "mutations" bénéfiques. La quête de la meilleure protéine peut encore être améliorée en utilisant les variants naturels d'un gène, c'est-à-dire les différentes formes que prend ce gène chez différentes espèces.

L'évolution dirigée consiste ainsi à découper un gène en morceaux et à les assembler dans un



## Evolution dirigée : mode d'emploi



De multiples versions d'un gène (venant d'individus d'une même espèce ou de plusieurs) sont découpés en morceaux, mélangés, puis réassemblés au hasard. Chaque nouveau gène est alors inséré dans des bactéries mises en culture. Celles qui survivent dans les conditions de milieu recherchées (par exemple, plus froid) portent un gène qui fabrique une enzyme plus performante vis-à-vis de ce milieu.

ordre différent. Cette méthode, somme toute expéditive, s'avère souvent plus efficace que la technique traditionnelle, dite de mutagenèse dirigée, qui consiste à corriger par petites touches les petits défauts des protéines. « La mutagenèse dirigée est une technique de "haute couture", car il faut connaître très précisément la structure en trois dimensions de la protéine et prévoir l'effet d'une

lécule issues d'une évolution dirigée sont plus performantes que la molécule de départ, contre seulement 0,1 à 0,2 % par mutagenèse dirigée. La technique est donc de 40 à 50 fois plus efficace. Elle n'est cependant pas miraculeuse. On ne pourra jamais transformer une lipase active à 120 °C en une lipase active à 4 °C. On peut certes découvrir des protéines possédant de nouvelles fonctions, mais l'essentiel

matique est souvent moins coûteux et plus respectueux de l'environnement qu'une réaction de chimie classique, on comprend qu'une technique capable d'adapter des enzymes à de nouvelles conditions d'utilisation intéresse au plus haut point l'industrie de la chimie fine, de la pharmacie, de l'agroalimentaire...).

Affymax l'a compris très tôt : en 1997, pour valoriser les travaux de Pim Stemmer, elle crée la start-up Maxygen. Mais Stemmer n'a pas le monopole de l'évolution dirigée. S'il en est le père, Frances Arnold, professeur à l'Institut de technologie de Californie (Caltech), en est la mère. Elle a apporté quelques raffinements à la technique, qui présentait notamment le risque de découper les gènes en fragments trop petits. Son procédé, appelé Staggered Extension Process (StEP), permet de recopier les gènes par morceaux de longueur minimale. Coupant court à toute rivalité, Maxygen acheta une licence exclusive pour utiliser cette nouvelle technique et loua les services

## L'essentiel du travail consiste à améliorer des protéines déjà connues

modification structurale sur l'activité de la protéine. Ce qu'on ignore pour la grande majorité des protéines. L'évolution dirigée, elle, repose sur la création d'un grand nombre de variants parmi lesquels on espère en trouver un plus performant », explique le Pr Jacques Baratti, du laboratoire de biocatalyse et chimie fine de la faculté des sciences de Luminy, à Marseille.

On estime que de 4 à 5 % des mo-

du travail consiste surtout à améliorer l'activité de protéines déjà connues.

D'une manière générale, les enzymes sont de petites molécules fragiles qui ne sont actives que dans des conditions précises de pH, de température, de concentration du milieu... Et aujourd'hui, on ne sait en utiliser qu'une trentaine en conditions industrielles. Quand on sait qu'un procédé enzy-

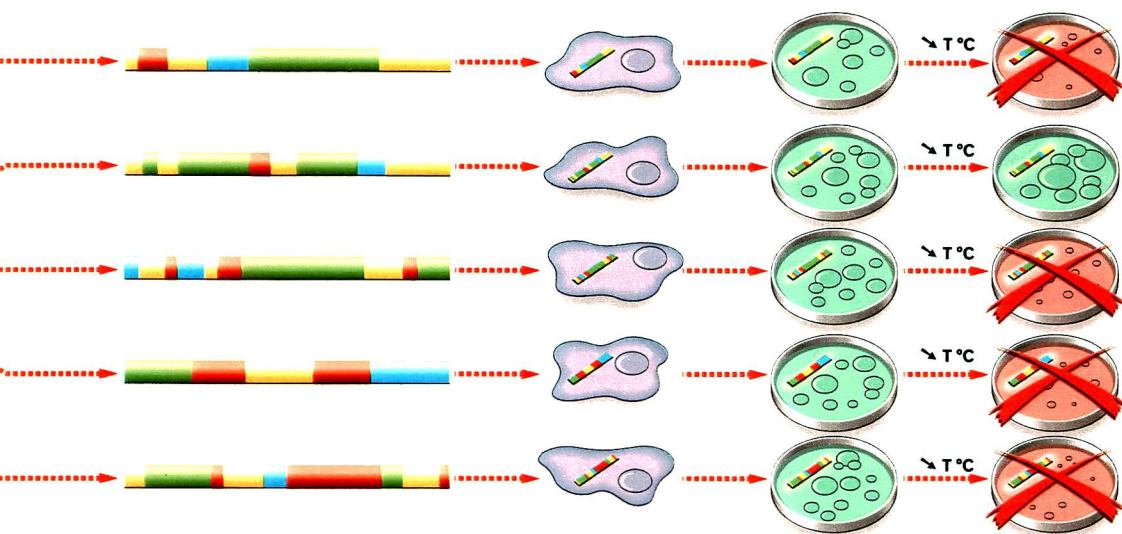


## RECOMPOSITION

## INSERTION

## CULTURE

## SÉLECTION



de Frances Arnold au sein de son conseil scientifique.

Pendant ce temps, les concurrents ne désarment pas: ils tentent d'adapter la technique, pour l'améliorer, bien sûr, mais surtout pour déposer des brevets et s'approprier une part du gâteau. C'est le cas de la société française Protéus, installée à Nîmes, qui applique l'évolution dirigée à des protéines de micro-organismes vivant dans des milieux extrêmes. Chez ces micro-organismes, une certaine évolution a en effet déjà été accomplie: si on recherche une enzyme active dans un milieu très salé, par exemple, on étudiera des micro-organismes vivant dans la mer Morte.

La méthode mise au point par Protéus permet de mieux contrôler la recombinaison des fragments de gène. Avant d'être réassemblés, ceux-ci doivent tout d'abord s'apparier à une petite chaîne d'ADN, dite matrice consensus, qui joue le rôle d'entremetteuse. « Selon la matrice consensus choisie, on peut diminuer le nombre des appariements

possibles. Par exemple, on peut garder constante une partie du gène de départ », explique Fabrice Lefèvre, directeur de la recherche et du développement chez Protéus.

### APPLICATIONS MÉDICALES

Maxygen multiplie les alliances industrielles: des lessives plus efficaces pour Novozyme, des semences de meilleure qualité pour Pioneer Hi-Bred ou des procédés de transformation de produits pétroliers pour Chevron... La société mise aussi beaucoup sur le secteur de la santé. Ses recherches portent sur des enzymes capables de produire de nouvelles classes d'antibiotiques, sur des anticorps pouvant contrer des allergies ou des cancers, sur des antigènes antiviral VIH...

On attend beaucoup de l'évolution dirigée pour mettre au point de nouvelles protéines thérapeutiques. Certains, comme la firme californienne Applied Molecular Evolution, s'en sont même fait une spécialité. Associée au groupe pharmaceutique Bristol-Myers

Squibb, elle fait évoluer un anticorps limitant le rejet de greffes et en développe d'autres luttant contre les tumeurs cancéreuses. Mais les protéines thérapeutiques sont un peu plus difficiles à mettre au point que les enzymes catalysant de simples réactions chimiques. Si elles sont trop différentes des protéines naturelles, elles risquent de déclencher une réaction immunitaire et d'être détruites par l'organisme avant même d'avoir fait leur office.

Au-delà de ces applications, l'évolution dirigée est un outil de recherche sur l'évolution naturelle des protéines. Frances Arnold étudie aujourd'hui comment des enzymes parviennent à s'adapter à des conditions extrêmes ou comment naissent de nouvelles fonctions. Elle montre que, comme toujours, la nature ne retient que ce qui lui est indispensable. Mais les solutions retenues par le vivant ne sont qu'une infime partie du champ des possibles, champ que les biotechnologies se chargent désormais d'explorer. ■



# Les lasers mécaniciens du vivant



**Piéger, manipuler, déplacer, percer, découper des cellules et des molécules à volonté...**

**C'est désormais possible grâce à des lasers ultraprécis qui jouent le rôle de pinces ou de ciseaux optiques.**

**O**n savait le laser capable de pulvériser un calcul rénal, de nettoyer une vilaine plaie, d'éliminer une cicatrice, de découper une tumeur ou de réparer une rétine endommagée. On savait aussi que l'industrie, les télécoms, la bureautique ou l'informatique l'avaient adopté comme outil à tout faire. Aujourd'hui, le laser conquiert un nouveau monde : celui de la micromécanique.

En combinant faisceau laser et microscope, les chercheurs ont conçu des outils d'un nouveau type : des pinces et des ciseaux optiques. Cellules, bactéries, virus, protéines, ADN, ARN, mitochondries sont désormais des objets manipulables par les mécaniciens des micromondes. Dernier exploit en date, conté dans la revue *Science* : en combinant deux faisceaux laser de façon à former une spirale de lumière, des scientifiques de l'université de St Andrews, en Ecosse, ont réussi à retourner un

chromosome de hamster chinois à l'intérieur même d'une cellule vivante ! « Cette capacité à faire tourner les objets ouvre de nouvelles perspectives pour la construction de micromachines ou dans le domaine des biotechnologies, commente Kishan Dholaria, qui a mis au point ce laser spiral. Nous commençons juste à entrevoir les applications de cette technique. »

## **DES PINCES OPTIQUES**

« L'équipe écossaise a fabriqué une sorte de vis sans fin, explique Daniel Choquet, du laboratoire Physiologie cellulaire de la synapse (CNRS, Bordeaux), l'un des premiers scientifiques français à avoir utilisé des pinces optiques, en 1994. Le laser spiral permet de faire pivoter des objets asymétriques dans l'espace. C'est très astucieux. » L'intérêt ? Les chercheurs de St Andrews estiment qu'ils pourront bientôt faire tourner des molécules présentes à la

## **PIÉGER**

Un faisceau laser concentré en un point extrêmement petit fait office de pince optique. Il "tient", piège ou immobilise de minuscules composants du vivant.



## COUPER

Utilisé comme un ciseau optique, le faisceau laser coupe des macromolécules ou des fragments d'ADN pour en inactiver certains gènes.

## PERCER

En émettant des impulsions brèves, d'énergie élevée, le laser ultraviolet perce la membrane cellulaire sans détruire son contenu.

## DÉPLACER

Utilisé en pince optique, le faisceau laser émet en continu et à faible puissance pour pousser, faire tourner les organites.



surface des cellules pour découvrir de nouveaux sites d'action pour des médicaments.

Un laser qui fait danser les molécules? Oui. Le laser ne sert pas seulement à lire des codes-barres ou à couper des plaques d'acier. Le laser est une lumière pure et concentrée, d'une grande souplesse d'usage. Les photons qui le composent ont la même énergie, la même longueur d'onde et se propagent dans la même direction : on dit qu'ils sont "en phase". Amplifiée, la puissance de cette lu-

mière, produit des effets non négligeables à l'échelle microscopique, ce qui a ouvert la voie à la construction des outils optiques.

C'est à un physicien américain, Arthur Ashkin, que l'on doit la mise au point des premières pinces optiques, en 1986. Ashkin s'était rendu compte qu'un fin faisceau laser pouvait bloquer le mouvement des bactéries. Rapidement, d'autres chercheurs américains ont alors tenté de manipuler des molécules dont les extrémités avaient préalablement été

nomètres (millionnièmes de millimètre). Un gradient de force s'établit tout autour de ce point : le flux d'énergie est plus important au centre qu'à la périphérie.

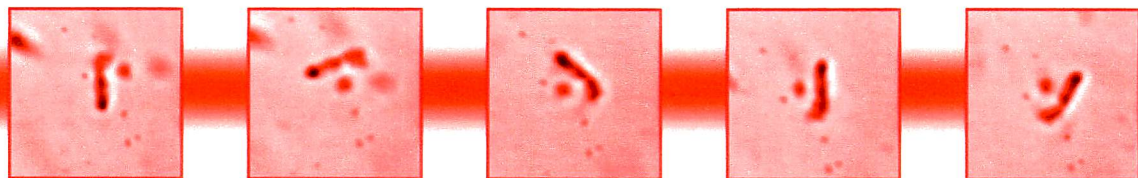
## TOURBILLON DE LUMIÈRE

Un peu comme un baigneur qui serait entraîné par un tourbillon, l'objet éclairé par le laser (cellule, macromolécule, perle de verre, etc.) est attiré vers le centre du faisceau. En effet, en réfractant la lumière, la cible absorbe une partie de la quantité de mouvement (due au flux de photons) produite par le laser, ce qui engendre une force d'attraction centripète de l'ordre de quelques dizaines à quelques centaines de piconewtons ( $10^{-12}$  newton).

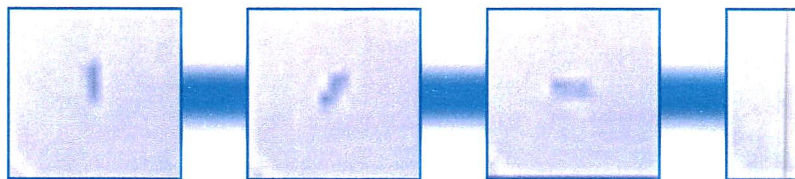
## Quelques manipulations

Les objets ci-dessous sont piégés, puis manipulés par un laser.

En rouge, on fait tourner un chromosome de hamster à l'intérieur d'une cellule vivante (durée : 5 s). En bleu, on suit la rotation d'un bâton de verre de 5 micromètres de long (durée : 0,7 s). En jaune, on fait pivoter deux sphères de silice de 1 micromètre de diamètre (durée : 0,15 s).

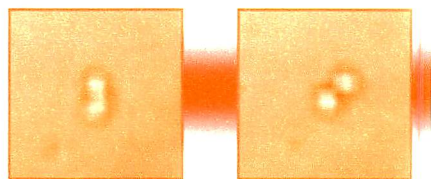


mière permet de chauffer, de brûler, de découper, de pulvériser, de décaper nombre de matériaux. Étrangement, la lumière laser peut aussi pousser ou immobiliser des objets, sans les détruire, pourvu qu'ils soient suffisamment



pourvus de petites billes de plastique ou de verre sur lesquelles pouvait s'exercer la force de la lumière laser. Aujourd'hui, dans le monde, une trentaine de laboratoires de biologie se servent du laser comme d'une "pince optique".

Une pince optique est constituée d'un rayon laser que l'on fait passer dans un microscope. Ce dernier concentre le faisceau lumineux en un point extrêmement petit, de l'ordre de 500 à 1000 na-



Pour produire un effet de pince optique, le laser doit émettre en continu et être de faible puissance. Au-delà de quelques dizaines ou centaines de milliwatts par centimètre carré, il risquerait en effet de déclencher des réactions chimiques au sein de l'objet manipulé ou de provoquer son échauffement. La longueur d'onde tourne

ment petits et qu'ils réfractent la lumière (ils la dévient tout en absorbant une partie de son énergie). En effet, toute lumière qui vient heurter une surface exerce sur elle une force appelée "pression de radiation". Cette pression, quasi imperceptible à notre échel-



autour du micromètre (domaine de l'infrarouge).

Le laser fournit également aux chercheurs des "ciseaux optiques". Seuls changements par rapport aux pinces : premièrement, le faisceau laser émet dans l'ultraviolet, domaine de longueur d'onde (337 nanomètres) où les protéines absorbent fortement la lumière ; deuxièmement, le laser est émis sous forme d'impulsions brèves (de  $10^{-12}$  à  $10^{-3}$  seconde) et plus intenses (de 1 à  $10^{15}$  watts par centimètre carré). Les ciseaux optiques coupent la molécule en un point précis. Ils servent à inactiver certains gènes, à découper des fragments d'ADN, à percer une membrane cellulaire pour y introduire ensuite un gène, ou même à ouvrir une cellule pour prélever son contenu. Des chercheurs italiens les utilisent pour "raboter" la surface d'ovules afin de faciliter la



la réaction se produise », résume Daniel Choquet. Elles permettent également de mesurer des forces extrêmement ténues, comme celles qui entrent en jeu, lors de la contraction musculaire, entre un filament d'actine et un autre de myosine. « Il y a quelques années,

## Les pinces optiques fouillent désormais au cœur du vivant

raconte le chercheur bordelais, en tirant sur ces molécules à l'aide de pinces laser, on a pu mesurer la force qu'exerce le duo actine-myosine, unité de base en action lors de la contraction musculaire. Par ailleurs, on s'est également rendu compte que les cellules reconfigurent leur réseau de protéines internes pour résister à une force de traction : elles réagissent en rigidifiant leur squelette protéique. Cela montre que, à la surface des membranes cellulaires, il existe

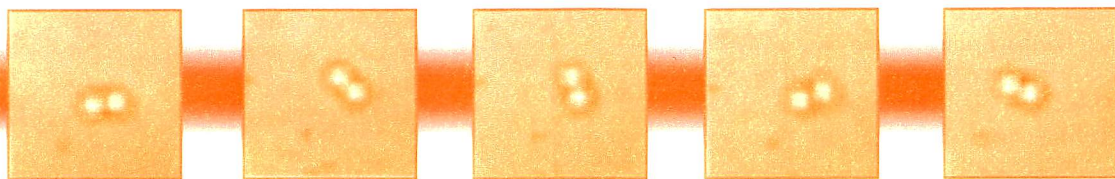
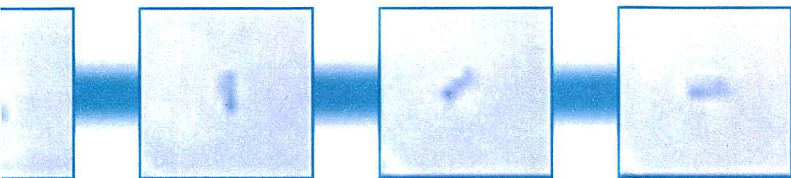
tables alpinistes qui testaient la résistance mécanique de leur prise avant d'avancer !

Quant à Jan Bednar, du laboratoire de spectrométrie physique de l'université Joseph-Fourier (Grenoble), tire avec ses pinces laser sur les filaments de chromatine,

cette forme compactée de l'ADN, pour évaluer leur élasticité. « On essaie de mesurer l'intensité des forces qui s'exercent au sein de la chromatine, entre l'ADN et les histones », explique le chercheur.

### MACHINES BIOLOGIQUES

On ne sait pas encore très bien ce qui se passe entre ces molécules, notamment lors de la transcription du brin d'ADN en ARN par une enzyme. Les pinces optiques nous permettront de savoir à quel point l'ADN est "relâché", pendant cette phase cruciale et de connaître les facteurs qui le rendent accessible aux enzymes de transcription. » Les pinces optiques fouillent désormais au cœur du vivant. « Ces techniques



ST ANDREWS UNIV.

pénétration du spermatozoïde. Bref, les pinces et les ciseaux optiques sont les nouveaux instruments de la chirurgie cellulaire.

« Les pinces optiques nous permettent de mettre directement en contact deux objets microscopiques (cellules, molécules), au lieu de mélanger une grande quantité de ces objets et d'attendre que

des récepteurs qui informent les cellules de l'action de traction. Avant l'invention des pinces optiques, on ne pensait pas que les cellules étaient aussi réactives. » Mieux : les travaux de Daniel Choquet ont montré que des cellules qui migrent dans l'organisme (tels certains lymphocytes ou des fibroblastes de la peau) étaient de véri-

pourraient servir à réaliser des machines biologiques fonctionnant à l'intérieur même des cellules, assure Kishan Dholakia. Et, pourquoi pas, à fabriquer des moteurs de micromachines ! » ■

.....  
POUR EN SAVOIR PLUS : "Optical Tweezers and Spanners", *Physics World*, septembre 1997. "Pincettes et ciseaux optiques", *Pour la science*, juin 1998.



# La DHEA

## en questions

**Pilule miracle pour les uns, pilule mirage pour les autres, la DHEA suscite beaucoup d'espoir chez les personnes âgées. Elle assouplit la peau, renforce les os et rétablit la libido féminine. Pourtant, l'hormone anti-jeunesse est loin d'avoir livré tous ses secrets.**

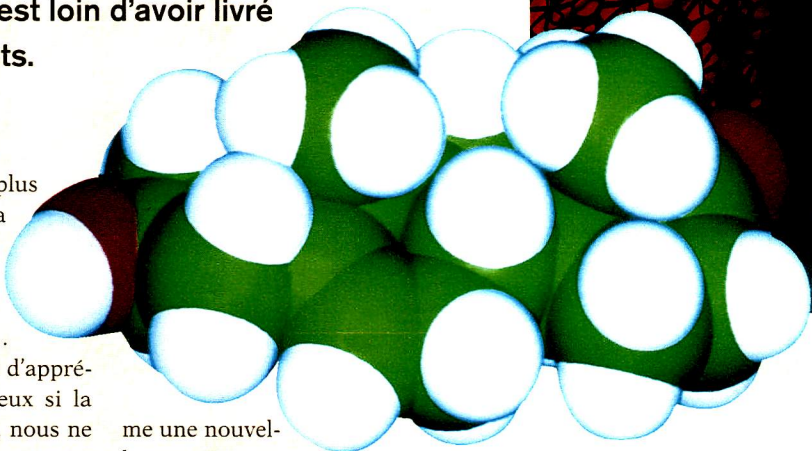
**E**n France, plus de 12 millions de personnes ont plus de 60 ans, dont un tiers a dépassé les trois quarts de siècle. Et l'espérance moyenne de vie augmente d'un trimestre par an...

Une espérance souvent teintée d'appréhension: à quoi bon vivre vieux si la vieillesse est un naufrage? Or, nous ne sommes pas tous égaux face aux outrages du temps. Si certains portent beau le poids des années, un cortège de maux est plus souvent le lot du grand âge. Comment prolonger la jeunesse du corps et de l'esprit? La plupart des substances promues au rang d'élixir de jeunesse, comme la mélatonine, l'hormone de croissance ou la testostérone, n'ont fait la preuve ni de leur efficacité ni de leur innocuité. Une nouvelle hormone, la DHEA (DéHydroEpiAndrostérone), se présente désormais com-

me une nouvelle promesse.

Découverte par le Pr Etienne-Emile Baulieu, endocrinologue mondialement reconnu (1), la DHEA aurait de nombreuses vertus anti-âge. On lui prête des bénéfices sur l'état de la peau, des os, de la libido, de l'immunité, ainsi que de la mémoire et des fonctions cognitives. Le bruit court qu'elle protégerait des affections

.....  
(1) Par ailleurs inventeur du RU 486, la pilule du lendemain.



M. COGAN/RAPHO



# 1 QU'EST-CE QUE LA DHEA ?

■ La DHEA appartient à la famille des hormones stéroïdes, qui dérivent de la biochimie du cholestérol. Elle a été isolée pour la première fois dans les années 30, dans des urines humaines, mais ce n'est qu'en 1960 que le Pr Baulieu a mis en évidence sa sécrétion par les glandes surrénales (qui coiffent les reins) sous forme de sulfate de DHEA. Elle est aussi sécrétée par les glandes sexuelles, chez lesquelles elle est un produit intermédiaire dans la fabrication de la testostérone (hormone masculinisante) et des œstrogènes (hormones féminisantes).

L'action biologique de la DHEA (sous forme sulfatée ou non) reste encore largement inconnue. Alors qu'elle est absente du sang de la plupart des animaux, elle est, chez l'homme, l'hormone stéroïde la plus abondante dans la circulation sanguine. Elle est présente dans le fœtus et son taux devient négligeable pendant la petite enfance: ce n'est qu'à partir de 7 ans que sa production augmente à nouveau, pour atteindre un pic entre 20 et 30 ans.

Le taux sanguin de DHEA décroît ensuite lentement. Chez les septuagénaires ou les octogénaires, il est parfois réduit de plus de 80 %.

D. ROUVRELE MONDÉZ



# 2 PEUT-ELLE FAIRE RAJEUNIR ?

■ Bien évidemment, non! Mais elle pourrait aider à mieux vieillir. Depuis les années 70, les

études menées chez l'animal – rat, souris et lapin – ont montré que l'administration de DHEA à haute dose pouvait prolonger leur espérance de vie, voire les protéger de certaines affections telles que le cancer. Mais ces animaux ne sont pas de bons modèles, car leur sécrétion de DHEA est négligeable. En outre, l'administration de doses aussi massives n'est pas envisageable chez l'homme.

L'idée de proposer aux seniors un com-



## Cobayes volontaires

L'étude DHEAge, menée en France sous l'égide du Pr Baulieu (ici, avec trois volontaires), permettra d'évaluer l'action de la DHEA sur le vieillissement (à g., une modélisation de la molécule). Aux Etats-Unis, elle est vendue comme complément alimentaire (à droite)...

cardiovasculaires et de la maladie d'Alzheimer.

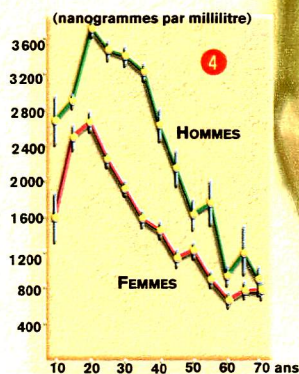
Alors, a-t-on enfin trouvé la pilule miracle? La vérité est probablement plus nuancée. En avril dernier, une mise en garde du Conseil national de l'ordre des médecins a relancé le débat. Arguant que « le produit est encore en cours d'évaluation scientifique » et que « rien n'est encore défini concernant la posologie adéquate », la vénérable institution recommande à ses membres de ne pas en prescrire. Prudence élémentaire ou frilosité, les avis sont partagés...



plément de DHEA se fonde sur une hypothèse: si cette hormone est impliquée dans certains processus biologiques, en rétablissant un taux élevé d'hormone, on pourrait compenser la perte de fonctions liée au vieillissement. La première étude d'envergure destinée à vérifier cette hypothèse (étude DHEAge) a été menée en France à partir du printemps 1998, sous l'égide du Pr Etienne-Emile Baulieu et du Pr Françoise Forette, chef de service à l'hôpital Broca (Paris) et directrice de la Fondation nationale de gérontologie. Les volontaires – 140 hommes et 140 femmes en bonne santé, âgés de 60 à 79 ans – se sont prêtés avec enthousiasme à l'expérience.

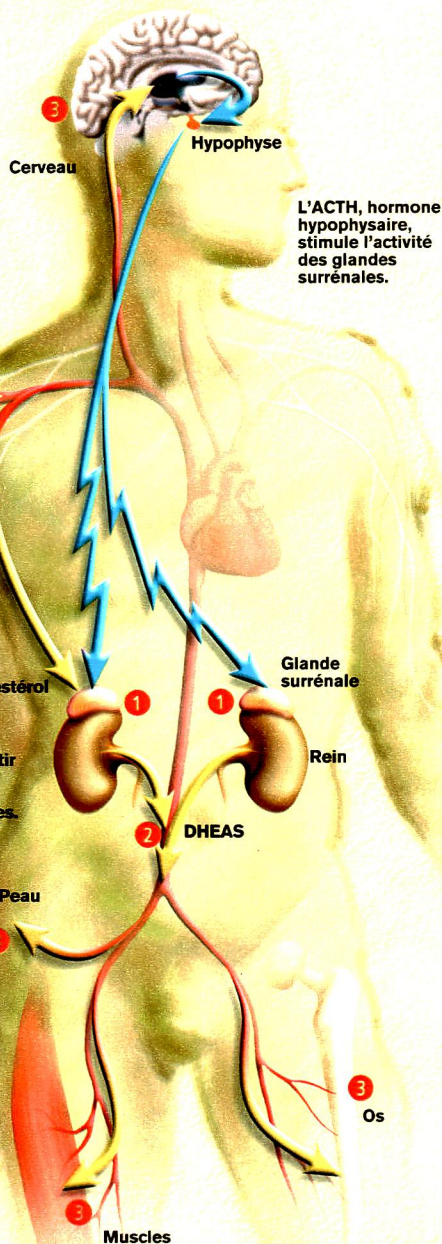
La moitié des volontaires a reçu 50 mg de DHEA par jour, l'autre moitié un placebo. Tous ont subi une batterie de tests destinés à évaluer les taux sanguins de l'hormone et à estimer ses effets sur la peau, les os, les systèmes vasculaire, musculaire, hormonal et immunitaire, ainsi que sur les fonctions cognitives, l'état psycho-affectif ou la libido. Tout un programme!

Les premiers résultats, rendus publics en avril 2000, permettent un optimisme mesuré. La DHEA a un réel effet biologique, mais la "cure de jouvence" n'efface pas les années: elle atténue certains effets du vieillissement. La molécule est bien tolérée: on a pu restaurer des taux sanguins voisins de ceux observés chez les plus jeunes sans aucun effet toxique. La bonne nouvelle, c'est l'impact du traitement sur la peau et les os. Que ne donnerait-on pas pour échanger une peau parcheminée et tavelée contre un teint de bébé! La DHEA stimule la production de sébum, réhydrate la peau et améliore son élasticité. Elle atténue aussi les taches brunes de vieillesse. On a, par ailleurs, observé chez les volontaires une réduction de la décalcification. En revanche, aucun bénéfice sur le système vasculaire n'a été constaté dans le groupe d'hommes de 70 à 79 ans, condamnés à garder l'âge de leurs artères...



## Hormone naturelle

Sécrétée par les surrénales ① sous forme de DHEAS ②, la DHEA agit sur des organes cibles ③. Sa production atteint un pic vers 25 ans, puis elle décroît avec l'âge ④.



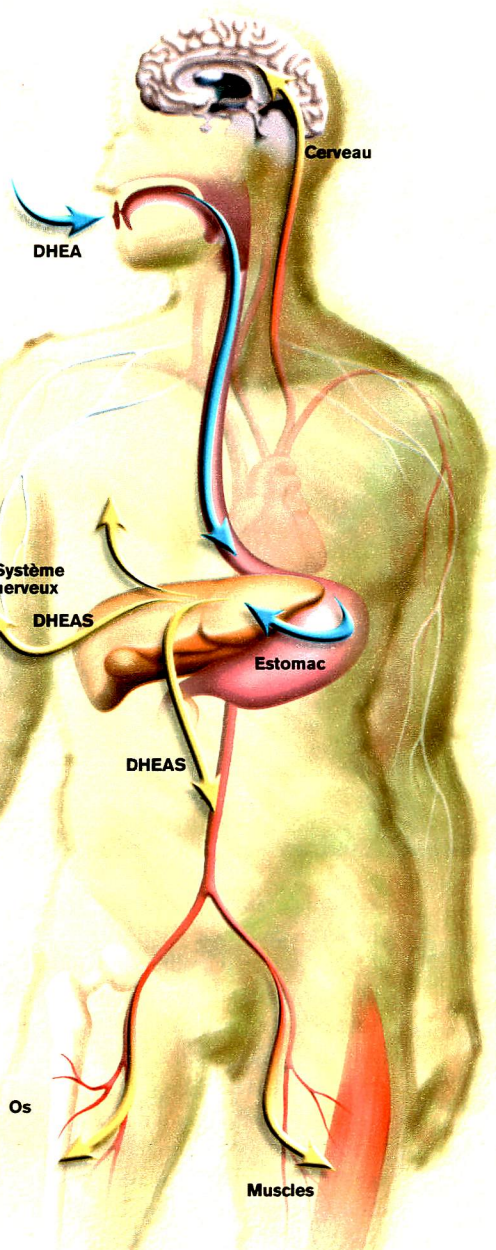
L'ACTH, hormone hypophysaire, stimule l'activité des glandes surrénales.

La DHEA est synthétisée à partir du cholestérol sanguin par les glandes surrénales.

## 3 EST-ELLE APHRODISIAQUE?

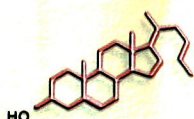
■ Les effets de la DHEA sur la libido sont ceux qui ont été le plus médiatisés, sans doute parce que la revendication d'une sexualité épanouie à l'âge mûr est centrale dans la quête de l'éternelle jeunesse. Que révèle l'étude DHEAge? Que des femmes de plus de 70 ans à la libido éteinte ont pu, grâce à la DHEA, redé-



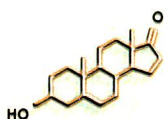


## Hormone ingérée

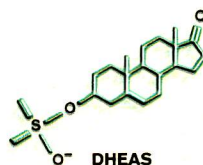
La DHEA est un dérivé du cholestérol sanguin (ci-contre). Lorsqu'on l'administre par voie orale, elle est convertie par le foie en DHEAS (forme sulfatée de la DHEA) puis exportée vers les organes cibles.



Cholestérol



DHEA



DHEAS

couvrir le désir, l'excitation sexuelle et même l'orgasme.

Ces résultats sont à mettre en perspective avec deux autres enseignements de l'étude. D'une part, sous DHEA, la légère remontée des taux d'hormones sexuelles

est plus significative chez les femmes que chez les hommes, dans la mesure où ces hormones ne sont plus sécrétées après la ménopause, tandis qu'une certaine production est maintenue dans la gence masculine. D'autre part, beaucoup des sujets inclus dans l'étude se sont sentis plus toniques et plus dynamiques. Certains déclarent que leur intérêt pour les choses de la vie s'est réveillé, que leur capacité à s'émouvoir s'est aiguisée... Autant d'impressions réjouissantes, mais en grande partie subjectives. D'ailleurs, souligne avec amusement Véronique Faucounau, de la Fondation nationale de gérontologie, coordinatrice de l'étude, bien des personnes sous placebo ont ressenti les mêmes effets!

## 4 REND-ELLE PLUS INTELLIGENT ?

■ La question n'est pas si incongrue! La DHEA et son sulfate sont considérés comme des "neurostéroïdes", car on les trouve en concentration importante dans les tissus cérébraux de l'homme comme de l'animal. Leur présence est probablement due à une production intracérébrale, les hormones sanguines de la circulation générale passant difficilement la barrière hémato-encéphalique.

Il a été démontré que la DHEA modifie le fonctionnement de certains neurotransmetteurs, ces substances qui interviennent dans la transmission de l'influx nerveux et sont une des clés de nos fonctions

cognitives et de nos comportements. Son action neuromodulatrice (qui s'exerce sur les récepteurs de deux

systèmes neuronaux différents), est encore à élucider. La DHEA pourrait jouer un rôle dans les mécanismes de la mémorisation, de l'apprentissage... et dans ceux qui engendrent des troubles de l'humeur. Or, si des études menées chez l'ani-

S. DESSERT



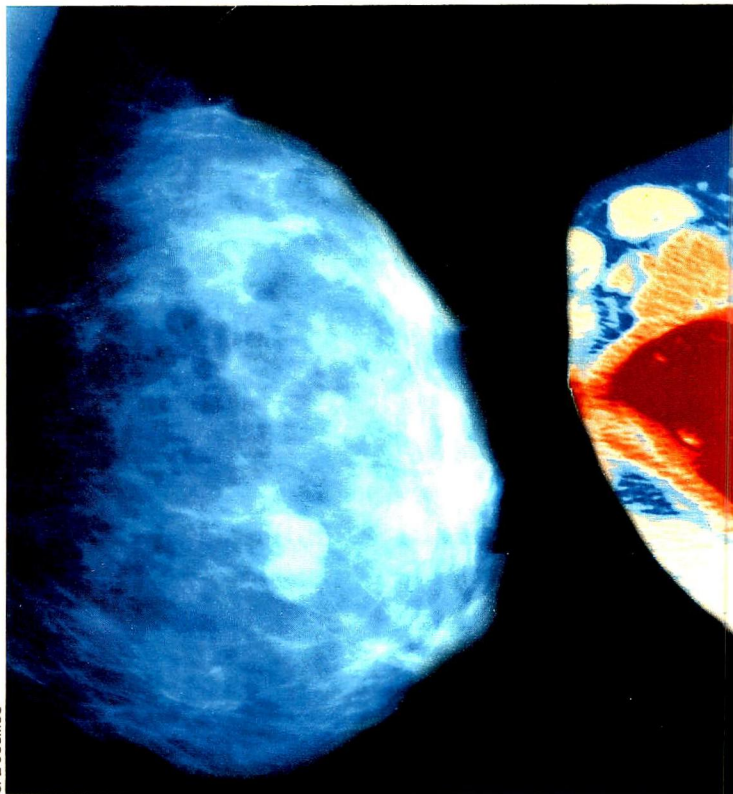
mal semblent confirmer cette hypothèse, les premiers résultats obtenus chez l'homme ne vont pas dans ce sens, peut-être tout simplement parce que l'hormone administrée par voie orale n'atteint pas ses cibles dans le cerveau. L'étude DHEAge devrait livrer ses conclusions sur ce point dans les mois à venir.

## 5 PROTÈGE-T-ELLE DE CERTAINES MALADIES ?

■ Se sentir plus jeune, c'est bien, échapper aux multiples pathologies liées au vieillissement, ce serait encore mieux... Les effets protecteurs de la DHEA pourraient être de plusieurs ordres, mais ils n'ont pas encore été démontrés. Par exemple, malgré son bénéfice sur la masse osseuse, elle ne semble pas en mesure de concurrencer, dans la prévention de l'ostéoporose chez la femme ménopausée, le traitement hormonal substitutif (THS), à base d'œstrogènes ou d'une association d'œstrogènes et de progestérone. Il reste à évaluer les effets d'une association DHEA/THS, mais le risque de dérèglements hormonaux est à craindre.

L'utilité de la DHEA dans la prévention ou le traitement de la maladie d'Alzheimer reste hypothétique. Si l'on y songe, c'est parce qu'on a pu montrer *in vitro* que cette hormone atténue l'altération des neurones soumis à divers "stress", notamment ceux provoqués par des composés toxiques. Mais la prudence est de mise chez nombre de scientifiques, car aucun lien entre les taux de DHEA et l'apparition de démences n'a été mis en évidence.

Les études menées jusqu'à présent ne permettent pas non plus de conclure à un effet cardioprotecteur de la DHEA, qui limiterait la concentration du cholestérol dans le sang. Des travaux antérieurs avaient montré que les hommes présentant de très faibles taux de DHEA semblaient sujets à une plus forte mortalité cardiovasculaire. Certes, chez l'animal, la DHEA agit sur le métabolisme du cholestérol, mais les concentrations de cette



SPUCOSMOS

## Contre-indications

La DHEA est contre-indiquée chez les personnes présentant des antécédents de cancers du sein (à gauche, une mammographie) ou de la prostate (à droite, une tomographie du bassin où cet organe figure en vert). En effet, la DHEA est un précurseur des hormones sexuelles, qui augmentent le risque d'apparition de ce type de tumeurs.

substance n'ont pas diminué chez les volontaires de l'étude DHEAge.

Autre action à étudier, le renforcement de l'immunité : de nombreux essais effectués chez l'animal, mais aussi à partir de lymphocytes humains, suggèrent une action de la DHEA. Elle stimulerait, notamment, la production d'interleukine 2 par des lymphocytes, une molécule aux propriétés immunostimulantes utilisée dans le traitement de certains cancers. Les résultats du volet "immunité" de l'étude DHEAge sont en cours d'analyse. D'autres projets de recherche concernent le sida, ainsi que le lupus érythémateux, maladie inflammatoire auto-immune.

## 6 TOUT LE MONDE PEUT-IL EN PRENDRE ?

■ Actuellement, la DHEA n'a été évaluée que chez des personnes âgées de 60 à 79 ans. Conseiller d'en prendre à des individus plus jeunes sous le prétexte qu'ils





SPL/COSSMOS

## 7 EST-ELLE AUTORISÉE EN FRANCE ?

■ En tant que spécialité pharmaceutique, la DHEA est encore en cours d'évaluation et ne bénéficie donc pas d'une autorisation de mise sur le marché (AMM). Cependant, il n'est pas interdit de l'utiliser comme matière première à usage pharmaceutique : elle peut donc entrer dans une préparation magistrale en officine, sur prescription médicale. Et les pharmacies seraient de plus en plus nombreuses à le faire. C'est cette pratique que réproche l'ordre des médecins. Il faut en effet souligner qu'aucune traçabilité des produits utilisés (la production s'effectue à partir d'une protéine végétale, la saponine) n'existe à l'heure actuelle.

Outre-Atlantique, un vent de folie semble s'emparer de la génération du "papy-boom". La DHEA, vendue comme simple complément alimentaire, fait l'objet d'un engouement digne de celui que connut la mélatonine. Des pilules miracle de DHEA sont également largement proposées sur le Web ; de France, on peut aisément s'en procurer... mais sans aucune assurance sur leur contenu, puisqu'il n'existe aucun contrôle sur leur fabrication.

Pour disposer d'une DHEA de qualité, il faudrait qu'une firme pharmaceutique s'engage dans une démarche de deman-

de d'AMM.

Or, elle devrait financer de coûteuses études, sans pour autant pouvoir protéger son "invention" par un brevet, puisqu'il s'agit d'une

substance naturelle. Les laboratoires ne se bousculent pas, ce que regrette le Pr Baulieu, convaincu des bienfaits et de l'innocuité de "son" hormone anti-vieillessement. ■

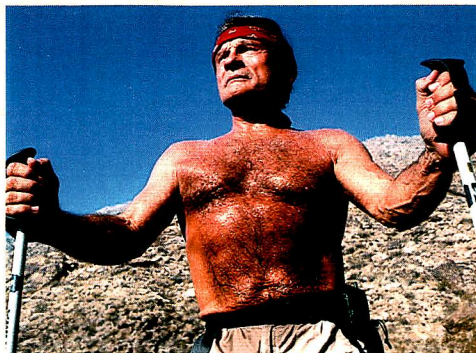
pourraient ainsi préserver leur "capital jeunesse" ne repose sur aucun fondement scientifique. Comment déterminer les doses idéales, par exemple chez un quadragénaire, alors que les éventuels effets préventifs ne se feront sentir que quelques décennies plus tard ?

Par ailleurs, hommes et femmes ne sont pas égaux face à la DHEA, les femmes semblant en tirer un bien meilleur profit. Les promoteurs de DHEAge souhaitent lancer une nouvelle étude pour observer l'effet de doses plus fortes chez les hommes.

Enfin, même si aucune toxicité n'est apparue jusqu'à présent, la prudence reste de mise car on ignore comment l'organisme pourrait réagir sur le long terme. Les nombreux cas de cancers dits "hormono-dépendants" (sein, prostate) constituent une sérieuse mise en garde. Pour le reste, tout au plus existe-t-il quelques petits désagréments au traitement. On ne cherche certes pas à retrouver ses jeunes années pour retomber dans les affres de l'acné juvénile ou pour se couvrir de poils !

### Un mythe ?

**Vieillir en restant jeune, un mythe éternel. La DHEA pourrait sans doute aider à conserver une forme proche de celle que certains sportifs savent entretenir.**



S. ELLERINGMANN/BILDERBERG/STUDIO X



# L'aventure des premiers vols

Une folle aventure humaine.  
Une histoire de science,  
de concurrence, de technologie  
et de pouvoir.

**Pour comprendre les sciences d'aujourd'hui : l'Histoire.**



# LES CAHIERS DE *Science & Vie*

ENQUÊTE

## 1783 Premiers vols



*Air chaud ou hydrogène ?  
Les dessous insoupçonnés  
d'un débat scientifique*

DOSSIER



### MOYEN ÂGE

*Savants arabes, savants  
latins, ce qu'ils se disent,  
ce qu'ils se doivent*

En vente chez votre marchand de journaux



# TÉLÉVISION

## Plateaux de synthèse

**Les images de synthèse envahissent la télévision. Après avoir animé des personnages virtuels dans un décor réel, une nouvelle technique intègre les personnages réels dans un environnement virtuel.**

**U**n sémillant présentateur télé évoluant dans un décor de meubles qui se déplacent comme par magie, deviennent transparents, se transforment en écrans immatériels; des retransmissions de matchs de foot où les vitesses de tir s'inscrivent sur la pelouse; des courses de voiture où les trajectoires apparais-

sent sur la piste, telles sont quelques-unes des surprises que nous concoctent les magiciens du petit écran.

Las des bons vieux studios de contreplaqué et de Plexiglas, toujours à la recherche de nouveautés pour séduire ses chers téléspectateurs, les régisseurs ont décidé de se lancer à corps perdu dans le virtuel afin de concevoir des environ-

nements plus variés, irréalisables en construction traditionnelle. L'informatique le permet, les premiers concepteurs de studios virtuels sont à l'ouvrage. Mais faire évoluer dans des décors en images de synthèse des personnages bien réels n'est pas une mince affaire.

Pour que le décor semble bien réel, il doit être orienté conformément aux mouvements de la ca-





## Effets spéciaux

Les images de synthèse libèrent la créativité des décorateurs. Faire le tour d'un cœur géant qui bat sur le plateau, "traverser" un miroir ou inscrire sur le terrain la vitesse du tir d'un footballeur : ces prouesses appartiennent au domaine de la réalité... virtuelle.

cette fois-ci. Il devra pourtant s'effacer au profit de l'image de synthèse. C'est sur ces bases techniques que la société canadienne Discreet, spécialisée dans les images de synthèses et les effets spéciaux, a élaboré le système Virtual Studio en collaboration avec la société française Centreville.

La génération du décor est confiée au logiciel *Frost*, de Discreet. Il s'agit d'un logiciel assez conventionnel de création d'objets 3D, mais dont la caractéristique essentielle est de pouvoir faire tourner les images en temps réel. Il est, en effet, capable de modifier instantanément l'angle de vue de la scène en fonction des commandes. La "construction" d'un studio vir-

méra. Ainsi, l'ordinateur qui gère l'image de synthèse doit-il en permanence, et en temps réel, recalculer les perspectives et l'angle de vue du décor.

### ASSOCIATION DE TECHNIQUES

Une contrainte supplémentaire par rapport à l'animation de personnages numériques, car la machine dispose souvent d'un délai

pour calculer chaque image de l'animation. Créer un studio ou un décor virtuel requiert l'association de diverses techniques informatiques. La génération de l'image tridimensionnelle est, bien entendu, la principale. Il est indispensable de lui associer un dispositif qui évalue le mouvement de la caméra et un plateau de tournage où évolueront les personnages, réels

DISCREET

DISCREET

TF1

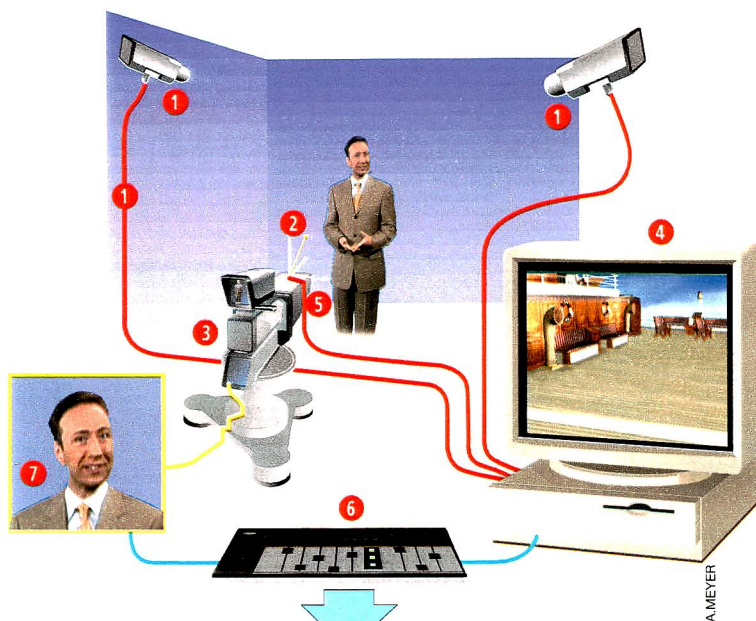


tuel s'effectue de façon classique. En premier lieu, l'opérateur détermine les dimensions du plateau. Une fois le volume défini, toute son architecture d'intérieur est à créer. Meubles, estrades et autres objets prennent place dans le décor. En assemblant des volumes de base simples tels que des parallélépipèdes, des cylindres, des sphères et d'autres figures géométriques, il est possible de représenter quasiment n'importe quel objet, réel ou imaginaire.

### TOUS TYPES DE TEXTURES

Ensuite, pour donner aux objets tout leur réalisme, on applique des textures sur leurs différentes faces. Ce peut être des textures traditionnelles, fixes, imitant, par exemple, du bois, un tissu ou un revêtement brillant. Une texture peut aussi être une image vidéo, changeante, qui anime ainsi un ou plusieurs objets du décor. Dans ce dernier cas, l'ordinateur traite l'image animée comme une texture conventionnelle. Par exemple, si l'objet portant l'image est vu de face, celle-ci apparaîtra sans distorsion. En revanche, si à la suite d'un déplacement de la caméra, l'objet apparaît de biais, le logiciel retraitera l'image vidéo et lui appliquera des distorsions (vue en perspective) conformes à celles que le mouvement a produites. Ainsi, au final, le spectateur aura la sensation que l'image appartient bien à l'objet qui la porte.

Les textures peuvent être opaques, translucides ou transparentes. Si l'"architecte" du décor souhaite "mettre en scène" un objet matériel, il choisira des textures opaques. Un personnage présent sur le plateau sera masqué par cet objet lorsqu'il se trouvera derrière. Exactement comme s'il s'agissait d'un objet bien réel. Une image vidéo peut être déclarée comme étant de texture transparente. Dans ce cas, le spectateur



### Quand le personnage s'incruste

Deux caméras infrarouges ① détectent la position et l'orientation d'une structure pyramidale ②, fixée sur la caméra vidéo ③, qui réfléchit les infrarouges. L'ordinateur ④ connaît ainsi les mouvements de la caméra. Les variations de focale du zoom sont transmises grâce à un capteur ⑤. L'image est alors recalculée en temps réel. En régie ⑥, le présentateur, filmé sur un fond bleu ⑦, est "détouré" et incrusté dans le décor virtuel ⑧.

aura l'illusion que les personnages évoluent autour d'une vitre sur laquelle serait projeté un film.

Enfin, toujours dans l'optique de conférer du réalisme au décor, l'opérateur dispose les sources d'éclairage virtuelles (en fixant leurs coordonnées au sein du logi-

ciel). Pour chacune d'entre elles, il est possible de déterminer une couleur, un type d'éclairage (source ponctuelle, multiple, diffuse, indirecte...). L'ensemble des objets texturés présents dans le décor réagira alors conformément à l'éclairage. Tous les objets possè-



dent en effet un paramètre qui indique à l'ordinateur leur aspect de surface (brillant, satiné ou mat), lors de la réflexion de la lumière.

Maintenant que le plateau "existe" dans la mémoire de l'ordinateur, reste à intégrer dans l'image les personnages, bien réels cette fois-ci.

Les prises de vues du présentateur et des éventuels participants sont tournées par une caméra vidéo classique.

L'ordinateur doit éliminer le décor réel et lui substituer celui qui est constitué d'images de synthèse. On utilise une technique ancienne et bien connue dans le monde du cinéma: le fond bleu. Les participants prennent place dans un studio dont les murs, le sol et le plafond sont peints en bleu ciel. L'ordinateur reconnaît cette couleur, parfaitement définie, et pourra ainsi l'éliminer

Enfin, lorsque la caméra se déplace sur le plateau, le décor en image de synthèse doit répondre à ses mouvements en modifiant l'angle sous lequel on le voit. L'ordinateur doit donc connaître en permanence les moindres déplacements du cameraman. Pour conserver des libertés de tournage identiques à celles d'un décor réel, il faut non seulement que l'ordina-



## L'éclairagiste virtuel

**Pour que le décor virtuel soit réaliste, son éclairage doit être identique à celui du plateau de tournage. Le concepteur du décor précise l'emplacement, l'orientation et le type des sources lumineuses (lignes obliques vertes et blanches).**

une boule revêtue d'un matériau réfléchissant les infrarouges. Deux caméras infrarouges auxiliaires couvrent l'ensemble du studio. En analysant les images issues de ces caméras, l'ordinateur "reconnait" immédiatement la structure pyramidale. Et grâce à la vision stéréoscopique que lui fournissent les deux appareils auxiliaires, il est non seulement capable de déterminer la position de la caméra sur le plateau, mais aussi son orientation ou son inclinaison. Reste à connaître le réglage du zoom. La caméra vidéo filme-t-elle en plan large ou cadre-t-elle un visage en gros plan? C'est un capteur sur le zoom qui transmet cette information. L'ordinateur dispose ainsi de tous les paramètres nécessaires à l'orientation du décor. ■

## Une image vidéo peut habiller un mur ou un objet du décor

pour lui substituer le décor virtuel. Il réalise, en somme, un "détournage" en temps réel et en trois dimensions des intervenants.

Afin de conserver tout son réalisme à l'image finale, l'éclairage du plateau doit être conforme à celui qui est prévu par l'ordinateur pour le décor. Tout l'art de l'éclairagiste consistera donc à disposer des projecteurs de même teinte, de même type (ponctuel ou diffus) et aux mêmes emplacements que ceux indiqués au logiciel.

teur puisse évaluer les mouvements latéraux et longitudinaux de la caméra, mais aussi ceux qui correspondent à tous les mouvements possibles de l'appareil. Difficile de l'équiper d'une batterie de capteurs de déplacement pour intégrer tous ces paramètres. La société Discreet a recours à une autre solution.

La caméra de prise de vues est surmontée d'un assemblage pyramidal composé de tiges d'une quinzaine de centimètres de long, à l'extrémité desquelles est fixée



# SVM

hors-série ■ juin/juillet 2001

vnu

1<sup>re</sup>  
édition

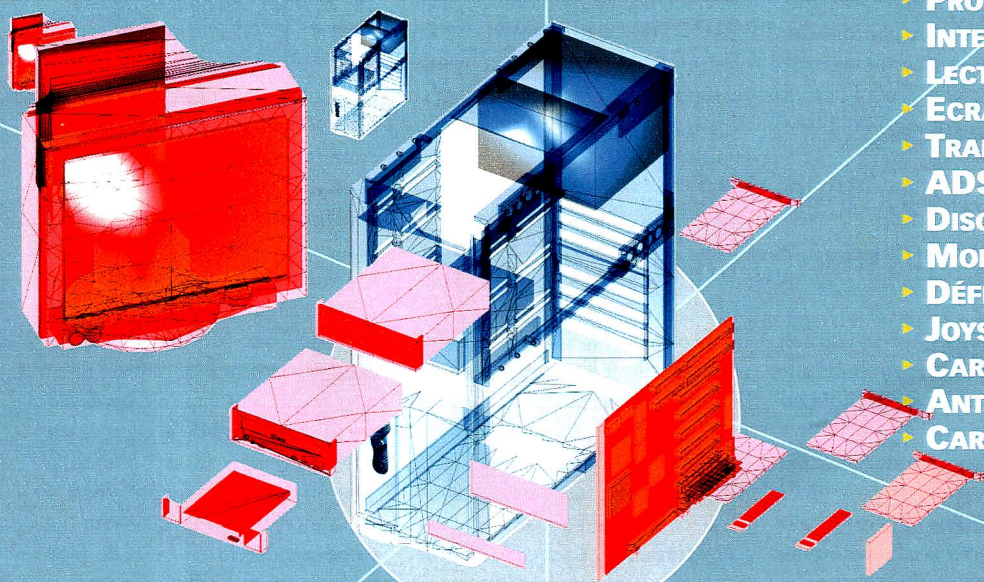
<http://svm.vnunet.fr>

# COMMENT ÇA MARCHE

## les nouvelles technologies

**POUR COMPRENDRE  
PAR L'IMAGE**

- GRAVEUR DE CD
- MP3
- PROCESSEUR
- INTERNET
- LECTEUR DE DVD
- ÉCRAN PLAT
- TRANSISTOR
- ADSL
- DISQUE DUR
- MODEM
- DÉFRAGMENTATION
- JOYSTICK
- CARTE VIDÉO
- ANTIVIRUS
- CARTE MÈRE
- ...



**En vente 25 francs dans tous les kiosques  
à partir du 31 mai**



DIRIGÉ PAR SERGE COURRIER



Science



SUSUMU TAKAHASHI/REUTERS/MAXPPP

## “Voir” les images du bout des doigts



Pour surfer sur le Web, les malvoyants ont à leur disposition des afficheurs à picots mobiles qui restituent en braille les textes apparaissant sur l'écran de leur ordinateur, ainsi que des systèmes de synthèse vocale. Il leur manquait l'accès aux

images. La NASDA, l'agence spatiale japonaise, a conçu à leur intention cette tablette dont les 3072 picots rétractables ( $64 \times 48$ ) peuvent reproduire une image récupérée sur l'internet, selon une précision néanmoins 100 fois inférieure à celle d'un écran. [www.nasda.go.jp](http://www.nasda.go.jp)

**ACTUALITÉ** p. 146

Les dernières nouvelles des réseaux

**INTERNET** p. 150

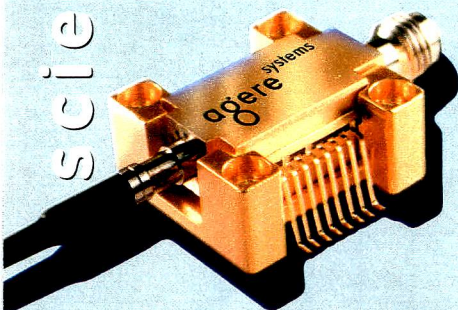
A la bonne heure!





## Internet à 40 Gbits/s

En une seconde, un internaute lambda transmet en moyenne 40000 bits (unités d'information). Un chemin vicinal par rapport aux autoroutes qui se préparent...



Le récepteur, pièce essentielle des réseaux ultrarapides de fibres optiques, convertit la lumière en impulsions électriques.

En effet, les opérateurs de télécommunications planchent sur des systèmes à fibres optiques capables d'atteindre 40 milliards de bits par seconde (40 Gbits/s). De telles liaisons nécessitent des modulateurs, qui ajustent l'intensité du rayon laser quand il entre dans la fibre optique, et des récepteurs, qui, à l'autre bout du réseau, transforment le rayon laser modulé en impulsions électriques. Agere, filiale de l'équipementier américain Lucent, a déjà réussi une telle liaison sur 71 km entre Bruxelles et Anvers. La technologie sort des laboratoires pour aborder une phase industrielle.

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

## Contre les intrusions



Pour bloquer les tentatives d'intrusion dans un ordinateur connecté à l'internet (PC sous Windows), la jeune société française Sistech vient de mettre au point TGB::BOB. Cette petite application est un logiciel anti-intrusion et non un antivirus. Très simple à installer et à utiliser, elle bloque tous les ports d'entrée et de sortie entre l'ordinateur et l'internet. La première fois que l'on utilise un logiciel qui se connecte à l'internet (navigateur, gestionnaire de courrier électronique), l'utilitaire demande à l'internaute l'autorisation

d'ouvrir un port spécifique pour cette application particulière. Par la suite, il ne le fera plus. Un pirate qui tente de s'introduire en utilisant des ports non autorisés sera stoppé, tout comme certaines applications malicieuses (type cheval de Troie) qui tentent d'envoyer vers l'extérieur des données collectées sur une machine.

TGB::BOB, qui est payant (385 F), ressemble dans son principe au logiciel gratuit (mais en anglais) Zone Alarm.

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

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

**TGB::BOB bloque les voies de communication non utilisées.**



## La pub anti-Echelon

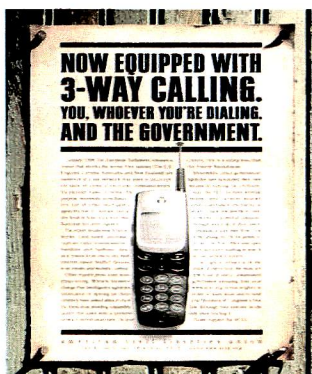


Le système d'écoute mondial Echelon (web, téléphone, fax, etc.), mis en place par les Etats-Unis, la Grande-Bretagne, l'Australie, la Nouvelle-Zélande et le Canada, n'en finit pas d'irriter les défen-

seurs de la vie privée. Pour sensibiliser les Américains à cette menace, l'American Civil Liberties Union (ACLU) a lancé une campagne de publicité agressive dans le *New Yorker* et le *New York Times*. Elle montre un simple téléphone portable surmonté de la phrase : « Maintenant équipé d'un appel à trois : vous, la personne à qui vous téléphonez, et le gouvernement. » L'ACLU espère ainsi convaincre les Américains de faire pression sur leurs représentants au Congrès pour qu'ils ouvrent une enquête officielle.

[www.aclu.com/privacyrights](http://www.aclu.com/privacyrights)

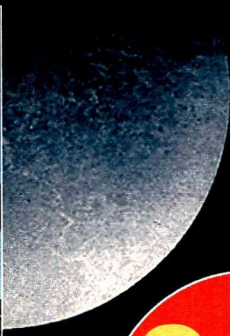
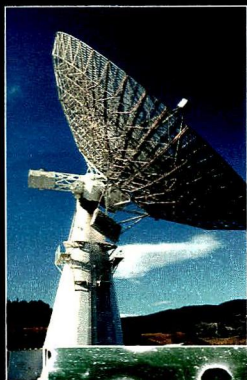
**Une pleine page de publicité contre le système Echelon.**





SCIENCE & VIE, l'accélérateur du savoir.

# Pour comprendre le sens de la vie comme le sens de l'univers... Abonnez-vous à SCIENCE & VIE.



**245**  
francs  
seulement



## Bulletin d'abonnement à SCIENCE & VIE

à retourner sous pli affranchi avec votre règlement à SCIENCE & VIE - Service Abonnements  
1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris Cedex 15

**Oui**

Je m'abonne à SCIENCE & VIE  
pour 1 an soit 12 mensuels.

- Je règle la somme de **245 francs** seulement  
au lieu de 276 francs\* soit plus de 10 % de réduction

Nom

Prénom

Adresse

Code postal

Ville

Téléphone

e-mail

### Je choisis de régler par :

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

☐ carte bancaire

N°

expire à fin  mois  année

Date et signature obligatoires

\* Prix normal de vente des magazines chez votre marchand de journaux

OFFRE VALABLE JUSQU'À FIN 2001 ET RÉSERVÉE À LA FRANCE MÉTROPOLITAINE.

**Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone  
au 01 46 48 47 08 ou Minitel : tapez 36 15 ABON,  
par internet : <http://www.excelsior.fr>**

SV 1006

Conformément à la loi Informatique et Libertés du 06/01/1978, vous disposez d'un droit d'accès aux données personnelles vous concernant. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres sociétés ou associations. Si vous ne le souhaitez pas, il vous suffit de nous écrire en nous indiquant vos nom, prénom, adresse et, le possible, votre référence client.





## CNN numérise ses archives



La chaîne d'information en continu CNN va numériser quelque 120 000 heures de ses

archives vidéo pour les mettre en ligne. Le projet devrait durer entre cinq et sept ans et coûter 20 millions de dollars (environ 150 millions de francs). Dans un premier temps, seul l'ensemble des journalistes "maison" accédera aux anciens reportages. Ultérieurement, ces derniers seront accessibles au grand public *via* l'internet.

IBM fournira les bases de données et les outils de gestion et de recherche des séquences. Sony apportera l'outil capable de numériser



**Le système Petasipe de Sony (en haut) stockera les archives vidéo de CNN, accessibles en ligne aux journalistes de la chaîne et, à terme, au grand public.**

les vidéo à grande vitesse et de générer les fichiers numériques destinés aux différentes exploitations envisagées (visualisation petit format ou plein écran, qualités VHS ou professionnelle). La firme japonaise se chargera également du système de stockage : de grandes armoires hébergeant jusqu'à 180 bandes magnétiques, pour une capacité totale de 36 téra-octets de données (environ 3 700 giga-octets).

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

## Le chasseur de mouchards



Bugnosis est un utilitaire capable de détecter et de rendre inefficaces les web bugs, ces petits mouchards, plus discrets que les cookies, qui sont implantés sur certaines pages web et facilitent le recueil d'informations sur la fréquentation des pages.

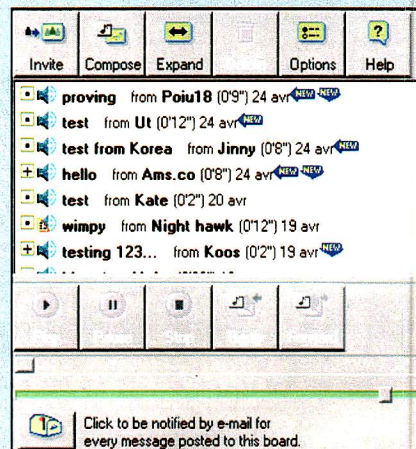
Bugnosis ne sera disponible que pour les utilisateurs d'Internet Explorer dans sa version PC.

[www.privacyfoundation.org](http://www.privacyfoundation.org)

[www.privacycenter.du.edu/tools/wbd/](http://www.privacycenter.du.edu/tools/wbd/)

## La tchatte vocale

Une jeune entreprise française, Wimba, a mis au point un système très simple permettant de tchatter de vive voix sur l'internet sans avoir besoin d'installer le moindre logiciel supplémentaire. Il suffit d'un ordinateur branché sur le web, d'un navigateur (Internet Explorer, Communicator, etc.) et d'un microphone. Tout se passe ensuite *via* une petite application, développée en langage Java, qui apparaît temporairement dans la fenêtre du navigateur.



**Avec Wimba, les tchatches ne sont plus textuelles mais vocales.**

**Les échanges s'effectuent non pas comme dans une conversation téléphonique, mais chacun son tour, comme dans n'importe quel système de tchatte (chat, en anglais).**

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

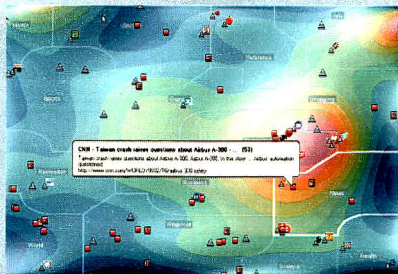


## Voir le web



Les outils de recherche sur le web présentent en général leurs résultats sous forme de longues listes, pas toujours faciles à interpréter. Une poignée de sociétés essaie de percer en disposant les réponses dans des univers graphiques bi ou tridimensionnels, supposés plus intuitifs. Dernière tentative en date : Webmap.

Le web y est représenté sous la forme d'une carte dont chaque région correspond à un grand thème (sport, société, art, etc.). Les zones à fort trafic sont



En lançant une recherche sur le thème "Airbus", on obtient une large gamme de réponses dans différentes thématiques.

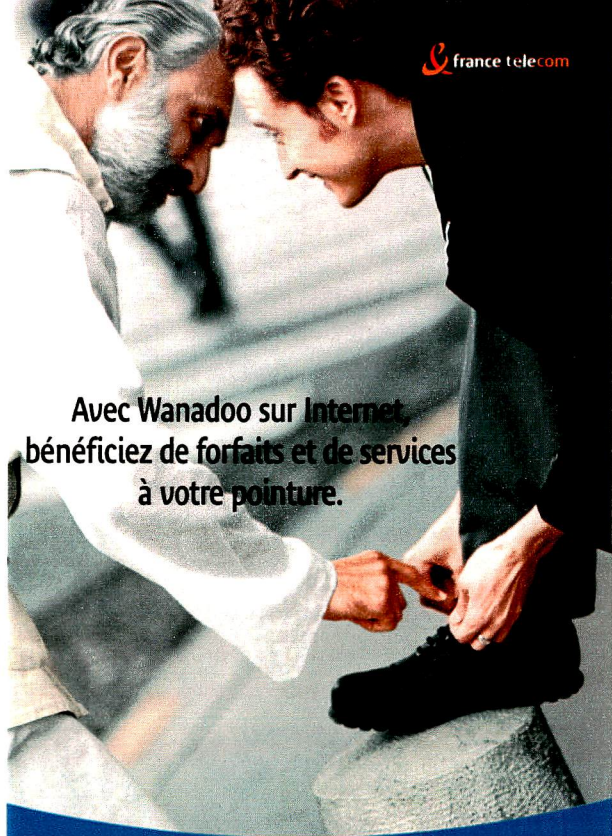
signalées par des teintes chaudes. Quand on lance une recherche, les réponses les plus pertinentes apparaissent sous forme de petites icônes rouges. Leur emplacement dans la zone et le fait qu'elles soient proches ou éloignées les unes des autres constituent des critères de choix supplémentaires. Des points proches, par exemple, signifient que les pages sous-jacentes ont une communauté de sens. Il est possible de zoomer sur une zone pour préciser l'objet de la question.

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

## Le spammeur vient de l'intérieur

Les méchants internautes qui remplissent les boîtes aux lettres électroniques de courriers non sollicités (spammeurs) ne sont pas toujours ceux que l'on croit. Selon une étude du cabinet américain Gartner Group, c'est à l'intérieur même des entreprises que les messages de l'inutile sont les plus nombreux. Blagues à répétition, rumeurs sur de prétendus virus, bavardages... Aux Etats-Unis, 73 % des messages échangés entre collègues n'ont aucun rapport avec le travail.

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



Avec Wanadoo sur Internet, bénéficiez de forfaits et de services à votre pointure.

### Nouveauté Wanadoo : l'Option Intégrales Fidélité.\*



- 20 % de temps en plus : sur tous les forfaits Wanadoo Intégrales.
- Service "Evolution" : choix d'un autre forfait, sur simple appel.
- Garantie des prix : ajustement automatique des prix en cas de baisse.
- Service "Vacances" : suspension possible de votre forfait.
- Service "Alerte" : conseil sur une offre plus adaptée à votre usage en cas de dépassement répété de votre forfait.

Pour vous informer et vous abonner, appelez le :

**N°Azur 0 810 281 281**

PRIX APPEL LOCAL

ou tapez : **wanadoo.fr** ou 3615 Wanadoo\*\*

Agences France Télécom, grandes surfaces, magasins spécialisés.

**Wanadoo**  
INTERNET AVEC FRANCE TELECOM

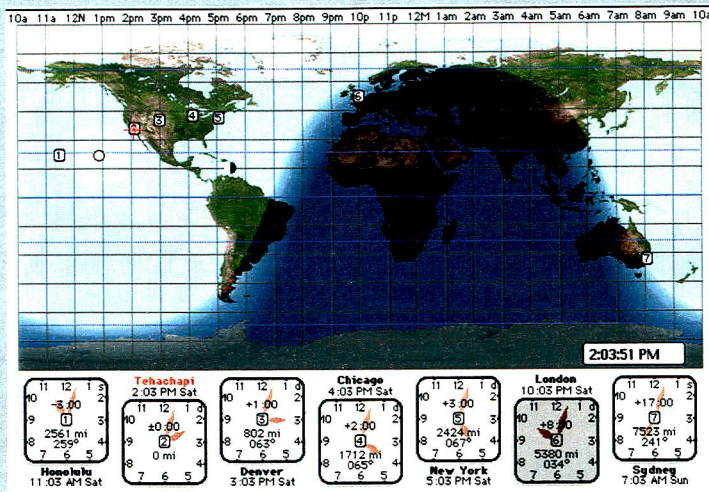
\* L'Option Intégrales Fidélité est valable pour tout abonnement à l'un des 4 forfaits Wanadoo Intégrales pour une période minimale de 12 mois. C'est, en outre, renouvelable par tacite reconduction pour des périodes identiques (sauf avis contraire de votre part avant le 20 du mois civil de la période d'engagement en cours). \*\* 0,85 F TTC/min (0,13 Euro) - WANADOO INTERACTIVE - RCS Nanterre 8401 088 887





# A la bonne heure!

**Les systèmes informatiques qui contrôlent le trafic aérien sont calés sur l'heure "exacte" : celle du temps universel coordonné. Des utilitaires de synchronisation, trouvés sur l'internet, mettent ce raffinement à la portée de votre ordinateur...**



En 1884, le monde se met à l'heure d'un observatoire situé dans la banlieue de Londres, à Greenwich. L'heure GMT (Greenwich Mean Time) est calculée à partir du point haut du Soleil (midi). L'Union astronomique internationale adopte ensuite le temps universel (UT), qui repose, lui, sur la rotation de la Terre. Le méridien origine servant de base à l'UT coïncide avec celui de Greenwich, mais les heures s'écoulent de minuit à minuit. Le Soleil et la Terre fournissent néanmoins des valeurs trop imprécises pour les scientifiques, qui se calent, dans les années 60, sur l'écoulement des secondes tel que le mesurent des horloges atomiques asservies à des étalons à césium. C'est le temps atomique international (TAI). Le 1<sup>er</sup> janvier 1972 naît le temps universel coordonné (UTC) : sa marche est la même que celle du TAI, mais il est corrigé ponctuellement (par ajout ou retrait de secondes) pour concorder avec l'UT.

On peut avoir intérêt à synchroniser son ordinateur avec l'UTC.

C'est cette heure-là qui est prise en compte, par exemple, lors d'une enquête sur une tentative d'intrusion dans un système informatique. Entre des correspondants synchronisés avec l'UTC, fini les e-mails qui arrivent à destination dix minutes avant d'avoir été envoyés! Des serveurs connectés aux horloges atomiques de certains laboratoires diffusent donc l'heure UTC. Mais pour que cette heure "juste" circule à travers les réseaux sans subir de décalage, il a fallu trouver un protocole de synchronisation assurant la correction des délais de transmission. Il est apparu en 1988 et s'appelle Network

**HourWorld synchronise les Mac avec le temps universel coordonné, et donne à chaque instant la position du Soleil et des zones qu'il éclaire.**

Time Protocol (NTP). Les serveurs délivrant l'heure UTC l'ont adopté. Quelques utilitaires à télécharger (voir la liste ci-dessous) sont capables de questionner ces serveurs et de régler sur l'UTC les PC ou les Mac branchés sur le Net.

## POUR EN SAVOIR PLUS

**Observatoire de Paris**  
[http://opdaf1.obspm.fr/www/ntp\\_infos.html](http://opdaf1.obspm.fr/www/ntp_infos.html)

## POUR SYNCHRONISER UN PC

**NetTime**  
<http://nettime.sourceforge.net/>  
**Sync-It**  
[www.tolvanen.com/syncit/](http://www.tolvanen.com/syncit/)  
**WorldClock**  
[www.carefile.com/WorldClock/index.html](http://www.carefile.com/WorldClock/index.html)

## POUR SYNCHRONISER UN MAC

**ClockSync**  
[www.kezer.net/clocksycn.html](http://www.kezer.net/clocksycn.html)  
**HourWorld**  
[www.hourworld.com/prod01.htm](http://www.hourworld.com/prod01.htm)  
**NetChronometer**  
[www.kezer.net/netchron.html](http://www.kezer.net/netchron.html)



**Utilitaire de synchronisation pour PC, WorldClock donne l'heure en divers points du globe, indique les phases de la Lune, inclut une éphéméride, peut servir de réveil...**



# SCIENCE & VIE

HORS SÉRIE

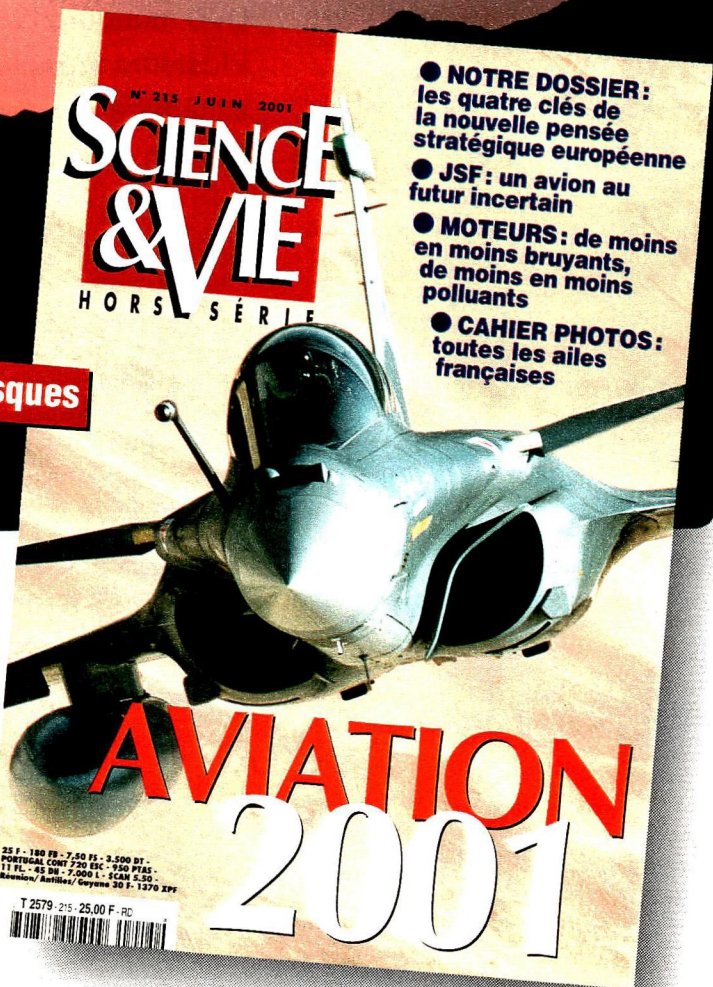
## Spécial aviation 2001

**En vente  
dans tous les kiosques**

A l'heure du 44<sup>e</sup> salon du Bourget  
Science & Vie Hors Série fait le point sur la  
situation d'aujourd'hui :

- le marché mondial de l'aviation civile  
restera-t-il partagé entre deux  
grands constructeurs ?
- face au coût astronomique des nouveaux  
avions de combat, l'avenir appartient-il  
aux avions sans pilote ?

Les réponses dans Science & Vie Hors Série  
spécial aviation.





# Le cinéma dans la poche

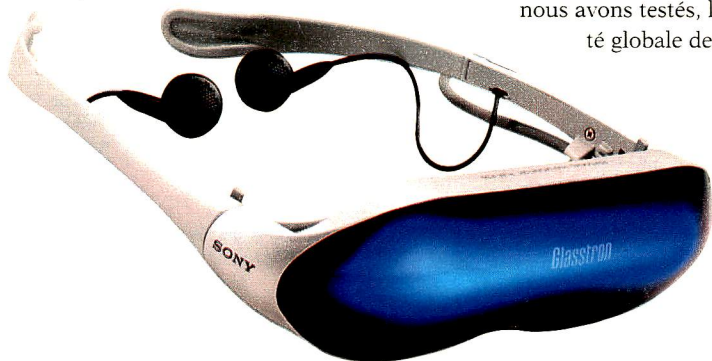
**C**omment occuper nos chers enfants sur le chemin des vacances inévitablement jalonné de bouchons? En leur temps, les consoles de jeu de poche ont su apaiser les esprits, sauf peut-être celui du chauffeur qui avait plutôt l'impression de conduire un astronef pris en plein conflit intergalactique. Dernier espoir pour préserver la sérénité de ces instants d'inactivité forcée: le "cinéma embarqué", grâce aux lecteurs de DVD portables. Compacts et autonomes, ils se divisent en deux groupes, l'un avec écran intégré, l'autre sans.

Tout comme le disque compact avait donné naissance aux baladeurs CD, le DVD inaugure l'ère du cinéma portable. Plusieurs formules existent pour accéder à la vidéo en liberté. Doit-on se laisser tenter?

## LES LECTEURS À ÉCRAN INTÉGRÉ

Leur apparence rappelle celle d'un micro-ordinateur portable. Leur boîtier, guère plus gros qu'un livre de poche, s'ouvre pour dévoiler la platine DVD dans le socle, un écran intégré dans le capot et deux haut-parleurs microscopiques. Ces écrans couleurs à cristaux liquides (LCD) sont tous au format 16/9. Sur l'ensemble des appareils que nous avons testés, la qualité globale de l'image

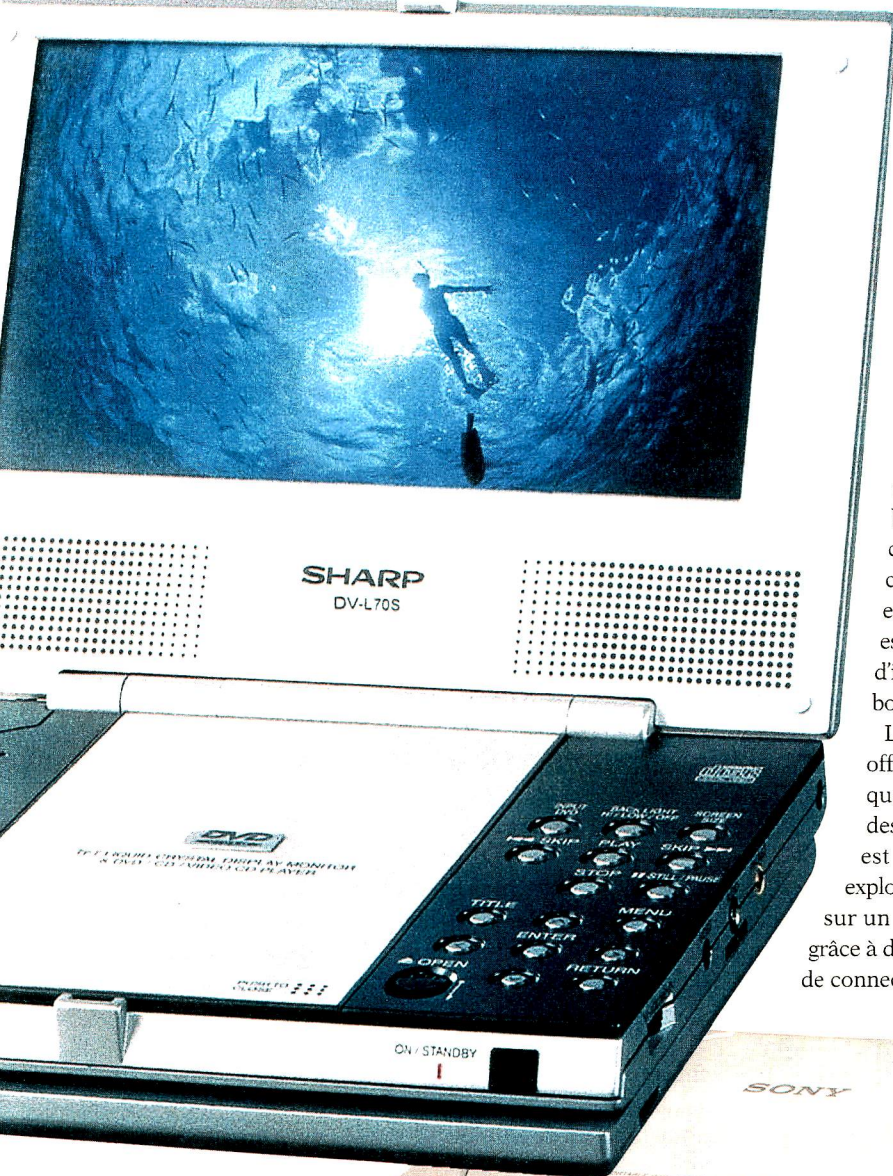
est très satisfaisante. Le rétro-éclairage est suffisant pour garantir un bon confort visuel dans des conditions d'éclairage normal. Seul problème: cette qualité se dégrade très vite dès que l'on regarde l'écran légèrement de biais. Mais il s'agit là d'un défaut commun à tous les écrans LCD. Notons que, afin d'exploiter au mieux la surfa-



## Au cœur de l'action

Les lunettes Glasstron transforment tout lecteur en "baladeur vidéo". Inconvénients: la qualité d'image est perfectible et le coût du système reste élevé.





## Autonome ou connecté

Equipés d'un écran au format 16/9, les lecteurs de DVD portables sont totalement autonomes. Plus compacts, les modèles sans écran doivent être connectés à un moniteur (téléviseur, caméscope, lunettes Glasstron...).

ce de l'écran en fonction du cadran d'origine du film, plusieurs modes d'affichages existent. On retrouve, notamment, les fonctions de zoom pour les films tournés en format 4/3, voire un mode dit optimisé dont le but est de recadrer au mieux le format Cinemascope. Cette commande est ac-

cessible soit de la télécommande du lecteur, soit d'un petit clavier généralement logé à côté de la platine DVD. Notons que ces choix de formats, tout comme le réglage des couleurs ou du contraste, sont indépendants de ceux proposés par le menu du DVD lui-même. Ils n'ont pas d'effet lorsque le lecteur

portable est connecté à un téléviseur ou à un moniteur.

Le son, pour sa part, est "embryonnaire". Il ne faut pas s'attendre à retrouver le confort d'écoute d'une salle de cinéma. Même si un mode "virtual surround" permet d'élargir l'espace stéréophonique et restitue de façon assez probante les effets d'ambiance, le résultat n'a rien de commun avec le son des ensembles *home cinema*. Il est donc vivement conseillé d'investir dans un casque de bonne qualité.

La platine de lecture DVD offre des possibilités et une qualité comparable à celle des appareils de salon. Elle est d'ailleurs parfaitement exploitable sur un téléviseur et sur un ensemble *home cinema* grâce à des câbles, qui permettent de connecter la platine, soit sur la

fiche Péritel du téléviseur (ou fiche Scart), soit sur une entrée S-Vidéo ou encore sur l'entrée vidéo normalement réservée aux caméscopes. Il en est de même pour le son qui peut être pris en charge par le téléviseur ou une chaîne stéréo. Cette connexion assure la compatibilité avec les ensembles Pro-Logic. Enfin, pour les puristes, une sortie optique assure la liaison



## CODAGE



## MOBILES, MAIS ENCHAÎNÉS

■ Tout comme leurs grands frères de salon, les lecteurs de DVD portables sont "zonés" lors de leur fabrication. Un code est stocké dans l'appareil par le constructeur selon la zone géographique où il sera vendu. Les disques DVD possèdent aussi un code. Ainsi, lorsqu'on insère le disque dans le lecteur, les deux codes sont comparés. S'ils coïncident, la lecture peut s'effectuer. La France est dans la "zone 2" (qui regroupe l'Europe, une partie du Moyen-Orient, le Japon, l'Afrique du Sud). Les

lecteurs acquis en France ne pourront donc lire que les disques destinés à cette zone. Inutile de tenter d'insérer un DVD acheté aux Etats-Unis, au Canada ou en Australie (zone 1). Pourtant, certains lecteurs sont "dézonables". Cette opération, bien qu'illegale – mais tolérée pour un usage privé –, peut parfois s'effectuer avec la télécommande (de nombreux sites internet indiquent la procédure à suivre). D'autres nécessitent une modification interne, souvent proposée par les revendeurs.

en "numérique direct" vers les ensembles dotés d'un décodeur Dolby Digital ou DTS (voir *Science & Vie* n° 1003, p. 154).

Handicap plus embarrassant de ce type de lecteurs, leur modeste autonomie. Pas plus de trois à quatre heures, à cause de l'écran à cristaux liquides et de son rétroéclairage très gourmand en énergie. Il est donc prudent de prévoir un adaptateur pour allume-cigares ou un jeu de batteries de secours (dont le coût est très élevé).

### LES LECTEURS SANS ÉCRAN

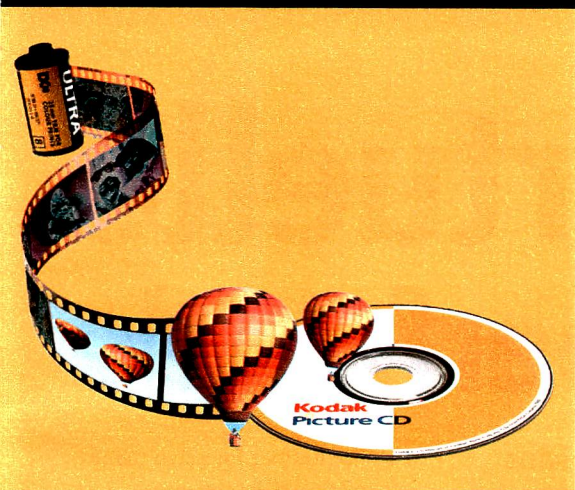
On peut s'interroger sur l'intérêt de disposer d'un lecteur de DVD incapable de fournir la moindre image ni le moindre son... Pourtant, ce type de lecteur a l'avantage d'être

très compact et de disposer d'une grande autonomie. Mais il faut lui associer un dispositif de visualisation et de restitution sonore. En configuration "portable individuelle", l'option la plus moderne est d'acquérir des lunettes de type Glasstron (chez Sony). Il prend alors tout son sens de baladeur vidéo. Grâce à sa petite taille, on peut le glisser dans une poche, ou le porter à la ceinture. Le Glasstron présente en outre un excellent confort de vision. Selon son constructeur, il équivaut à un écran de 1,20 m de large vu à 3 m de distance. Si cette comparaison est exacte techniquement parlant, la sensation visuelle est plutôt comparable à celle que procurent les appareils stéréoscopiques destinés à observer des pay-

sages ou des objets en relief. La qualité de l'image est excellente, mais la sensation de l'observer à travers une loupe persiste.

Comme pour les lecteurs à écran, ces mini-DVD disposent de toutes les connexions nécessaires pour être raccordés à des systèmes externes. On peut même aujourd'hui les connecter à certains autoradios qui disposent d'écrans vidéo ou à des écrans LCD à poser au dos des sièges avant. Dans ce cas, ils peuvent parfaitement assurer la diffusion de l'image, tandis que l'autoradio prend en charge la restitution du son. Enfin, les caméscopes dotés d'un écran LCD couleurs peuvent aussi servir de moniteur. Mais les dimensions de leur écran sont bien modestes... ■





- ✓ Vos photos sur **Kodak Picture CD\***
- ✓ Des logiciels pour s'amuser
- ✓ Une grande facilité d'utilisation



Photocolor SGP

**Kodak Picture CD\*. Donnez une nouvelle vie à vos photos.** Lors du développement de votre pellicule photo (135 ou APS) dans votre point de vente habituel, demandez un Kodak Picture CD\* et retrouvez toute la qualité Kodak grâce à la numérisation de vos images à partir des négatifs (1,5 millions de pixels). Découvrez ainsi les joies du Numérique de façon simple et créative : envoi de vos photos par e-mail, recadrage, fonction anti-yeux rouges, transformation en noir et blanc.

Transformez aussi vos meilleures photos en puzzle ou en économiseur d'écran et découvrez la version de démonstration de Disney, "Dessinez c'est Disney 2"... des logiciels amusants\*\* d'une grande facilité d'utilisation qui enchanteront grands et petits.

Kodak Picture CD\*, c'est tout un univers de possibilités qui s'offre à vous pour chacune de vos prises de vues. Plus d'informations au 0 800 81 68 76 (Numéro Vert).

\*CD Images. \*\*Disponible sous Windows 95/98.



**On a tant à partager.**

[www.kodak.fr](http://www.kodak.fr)



# Carte virtuelle contre cyberfraude

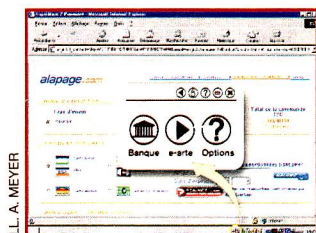
**Comment faire des achats *via* l'internet sans risquer de se faire pirater son numéro de carte bancaire ? En utilisant des numéros à usage unique, communiqués par sa banque lors de chaque transaction.**

**L**es Français hésitent à faire leurs courses sur l'internet. En l'an 2000, ils y ont acheté pour 2,5 milliards de francs de produits et services divers. Selon une étude de l'OCDE, cela signifie que seulement 0,14 % du chiffre d'affaires réalisé par le commerce de détail dans notre pays provenait, cette année-là, des achats effectués *via* le réseau des réseaux. Un taux de pénétration faible, qui classe la

France en seizième position parmi vingt et un autres pays de l'OCDE. Elle est notamment devancée par les Etats-Unis (1<sup>er</sup>), la Suède (2<sup>e</sup>), le Royaume-Uni (3<sup>e</sup>), l'Allemagne (6<sup>e</sup>), le Japon (8<sup>e</sup>), la Belgique (15<sup>e</sup>). Hormis le fait que les Français tardent encore à s'équiper d'ordinateurs, cette apathie du cybercommerce s'explique par leur méfiance tenace à l'égard de ce nouveau canal d'achat. Une enquête menée en septembre 2000 par le Credoc et

l'agence Raffour Interactif montre que 67 % des internautes (1) ne croient pas à la sécurité des transactions. Non sans raison : pour commander un article *via* le Net, il suffit d'indiquer les seize chiffres gravés sur une carte bancaire et la date d'expiration de celle-ci ; si ces données ne sont pas correctement protégées par le site auquel on les communique, elles risquent d'être piratées. Cela dit, en France, les tribunaux n'ont encore jamais eu à juger une telle affaire. En revanche, des dates et numéros récupérés ailleurs (sur des factures, par exemple) servent souvent à faire des emplettes sur le Net : la moitié des plaintes pour utilisation

(1) Les professionnels s'accordent pour qualifier d'internaute un abonné au Net qui se connecte au moins une fois par mois.



ILL. A. MEYER

## Payer par e-Carte bleue sur un site web

Identifiant : ft87b8f  
Mot de passe : •••••

Type : Achat unique  
Abonnement  
Prix : 149,60 F  
Date d'expiration :



### 1. CONNEXION AU RÉSEAU BANCAIRE

Sans quitter la page "bon de commande" du site marchand, l'abonné au service e-Carte bleue lance un petit logiciel à partir du menu Pomme (Mac) ou de la barre des tâches (PC).

### 2. IDENTIFICATION DE L'ABONNÉ

Une fenêtre s'ouvre, où l'on saisit l'identifiant et le mot de passe remis par la banque lorsque l'on a adhéré au service.

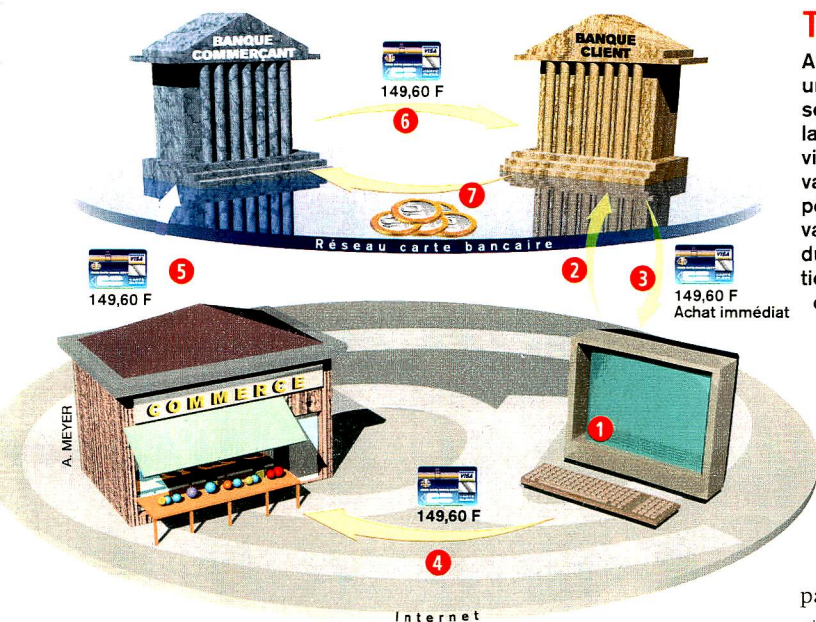
### 3. CHOIX DU MODE DE PAIEMENT

On saisit le montant de l'achat, en précisant s'il doit être débité une fois (achat unique) ou plusieurs fois (abonnement).

### 4. OBTENTION DU NUMÉRO FICTIF

La banque transmet aussitôt un numéro de carte valide, une date de validité et un numéro de code spécifique.





## Transaction sécurisée

Au moment de régler un achat sur un site marchand, l'abonné au service e-Carte bleue ① déclenche la création d'un numéro de carte virtuelle ②. Il reçoit ce numéro ③, valable pour un montant et une période qu'il fixe lui-même. Puis il valide sa commande ④. La banque du vendeur enregistre la transaction ⑤ et transmet le numéro de la carte pour compensation à la banque de l'abonné ⑥. Celle-ci rapproche le numéro fictif du numéro réel, débite le compte de son client et crédite celui du commerçant ⑦.

saisit ensuite sur le bon de commande du site marchand. Le vendeur ne saura pas que c'est un numéro virtuel, et seul le réseau informatique bancaire sera à même de retrouver la vraie carte qui se cache derrière.

Intéressant pour les achats ponctuels, ce principe s'applique aussi aux abonnements et paiements à l'acte. Ainsi, pour régler chaque mois un fournisseur d'accès à l'internet, il sera possible de demander un numéro d'e-Carte bleue valable six mois ou un an et dont le plafond de débit mensuel correspondra au montant de l'abonnement. Autre exemple, on pourra obtenir de sa banque un numéro valide trois mois qui servira, durant cette période, à payer au coup par coup les articles extraits du site d'archives de tel ou tel journal.

Ce système a en outre l'intérêt de ne demander au commerçant aucun investissement matériel. Pour lui, l'opération est transparente, qu'il soit basé en France ou ailleurs. Le groupement Carte bleue servant d'intermédiaire au réseau Visa dans les transactions internationales, on pourra utiliser ses cartes virtuelles même sur des sites étrangers. En toute sécurité. A condition de ne pas communiquer son identifiant et son mot de passe au premier venu.

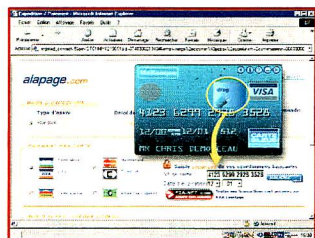
frauduleuse de carte bancaire portent sur ce type d'agissements.

Contre cela, le groupement Carte bleue ne peut pas grand-chose. Mais pour prévenir le risque de piratage sur site, il proposera cet été aux grandes banques de réseau françaises (Caisses d'épargne, Crédit lyonnais, BNP...) un service de "carte virtuelle dynamique", baptisé e-Carte bleue. Un service mis au point par la société irlandaise Orbiscom et qui sera exploité par Intelmatique, filiale de France Télécom. Avant la fin de l'année, les

banques l'offriront à leurs clients, gratuitement ou sur la base d'un forfait mensuel.

L'idée de base est simple. Quand il souhaite faire un achat *via* le réseau, un abonné au service e-Carte bleue demande à sa banque de lui fournir un numéro de carte ne pouvant être utilisé qu'une seule fois et pour un montant donné. Dès que la banque du commerçant reçoit le solde de la transaction, ce numéro provisoire est annulé. Le client peut réitérer l'opération aussi souvent qu'il le veut. Chaque fois, sa banque lui donnera seize chiffres à durée de vie limitée qui ne correspondront jamais à ceux de sa carte bancaire.

Cet effort de sécurisation alourdira-t-il la procédure d'achat en ligne? Pas vraiment. La personne qui s'abonne à e-Carte bleue auprès de sa banque se voit remettre un identifiant, un mot de passe et l'adresse d'un site web où se trouve un petit logiciel à télécharger. Pour régler un achat, elle lance ce logiciel, indique son identifiant et demande l'attribution d'un numéro de carte. C'est celui-là qu'elle



## 5. RÈGLEMENT EN LIGNE DES ACHATS

A l'aide de la souris, on fait glisser sur le bon de commande les données figurant sur la carte virtuelle. Cela remplit automatiquement les champs utiles au règlement de l'achat.



# Le ciel du mois

PAR PHILIPPE HENAREJOS



Nébuleuse  
de la Pipe

Mars

Antarès

Tau du Scorpion

## Le côté obscur de la Voie lactée

En juillet, Mars peut servir de repère pour une escapade vers la constellation d'Ophiuchus, qui recèle la nébuleuse de la Pipe.

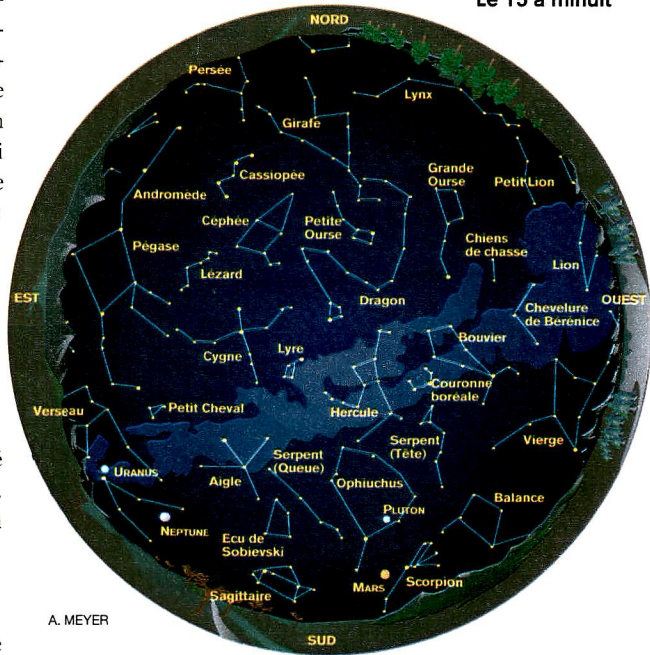
**D**ès que le crépuscule cède le pas à la nuit, Mars apparaît, tel un phare au-dessus de l'horizon sud. Passée à 67 millions de kilomètres de la Terre le 21 juin, la planète rouge s'éloigne lentement. Mais son éclat frôle la magnitude - 2 et son diamètre apparent, voisin de 20 secondes d'arc, en fait la cible privilégiée des astronomes amateurs. Pourtant, à cause de sa faible hauteur dans le ciel, elle risque de rester souvent au beau milieu des zones les plus turbulentes de l'atmosphère, ne laissant voir que des images dansantes et floues. Mais ne rangez pas pour autant jumelles et télescopes. Mars traverse la treizième constellation du zodiaque, celle d'Ophiuchus – le Serpente – qui recèle bien des trésors aisément visibles. Elle va donc vous servir de repère

pour une escapade vers le “côté obscur” de la Voie lactée... Il est nécessaire de procéder par une nuit sans lune (à partir du 15) et d'un site sans pollution lumineuse. Au nord-ouest de Tau du Scorpion (magnitude 2,8) et de Mars, vous découvrirez quelques étoiles d'éclat moyen. La plus brillante (magnitude 3,2) est Thêta Ophiuchi (photo ci-dessus). Laissez vos yeux s'habituer à l'obscurité pendant au moins quinze minutes. Vous finirez par apercevoir, juste en dessous et à gauche de Thêta Ophiuchi, une zone sombre qui contraste avec la belle lueur laiteuse de la Voie lactée. Vous observerez que cette tache a une forme qui évoque une pipe. C'est d'ailleurs le nom que les astronomes ont donné à cette nébuleuse. La *Pipe Nebula* – ou nébuleuse de la Pipe – est en effet un vaste ensemble de nuages de gaz riches en



# ASTRES ET LUNE EN JUILLET

Le 15 à minuit



A. MEYER

## LES PLANÈTES

### Mercury

Au ras de l'horizon est, avant le lever du Soleil. Le 9, elle est à son élongation maximale (21°).

### Vénus

L'étoile du Berger brille tout le mois, le matin vers l'est, d'une belle magnitude - 4!

### Mars

Mars apparaît au sud et reste observable jusque vers 1 heure du matin.

### Jupiter

A partir du 12, Jupiter est visible, vers l'est. Idem pour Saturne.

### Uranus

Bien visible à partir de 4 heures du matin à 20° au-dessus de l'horizon sud-est.

### Neptune

Passé à l'opposition le 30, visible toute la nuit.

### Pluton

Visible (magnitude de 13,9!).

## LES GRANDS RENDEZ-VOUS

### Mardi 3

Conjonction entre Mars et la Lune.

### Jedi 5

Eclipse partielle de Lune, visible dans le Pacifique et en Asie orientale.

### Jedi 12

Conjonction entre Jupiter et Mercure, visible le matin (1° 56').

### Dimanche 15

Belle conjonction entre Vénus et Saturne, le matin vers l'est.

### Mardi 17

Beau rassemblement Vénus-Saturne-Lune le matin au lever, vers l'est.

### Jedi 19

Jupiter et Mercure encadrent la Lune, le matin vers l'est.

poussières interstellaires qui voilent la lumière des millions d'étoiles situées au-delà. Lorsque vous regardez dans cette direction, vous visez presque exactement le centre de la Voie lactée, distant d'environ 26 000 années-lumière, région qui concentre le plus d'astres. La nébuleuse de la Pipe cache ces étoiles comme le fait un nuage qui passe devant le Soleil et qui masque son éclat. Sauf que celle-ci se trouve à 700 années-lumière environ...

L'astronome américain Edward Barnard (1857-1923) fut le premier à être intrigué par ces zones d'ombre dans Ophiuchus. Il en dressa la carte. Ainsi, le "tuyau" de la Pipe, long de 7°, fut baptisé Barnard 59 alors que la "cheminée", qui mesure 2° de côté, reçut le nom de Barnard 78.

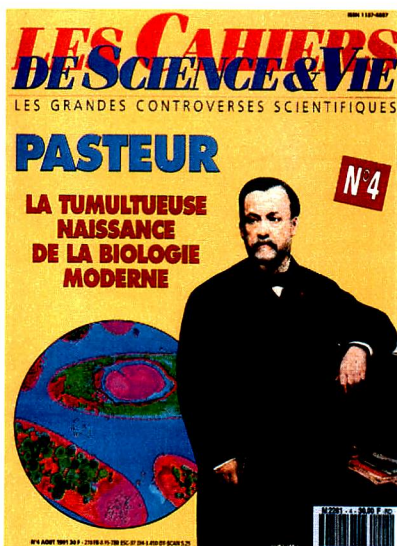
## VISER LE CŒUR DE LA GALAXIE

Si vous observez la région à l'aide d'une paire de jumelles 7 × 50 ou 10 × 50, vous ne verrez qu'une étoile relativement brillante au milieu de la nébuleuse : SAO 185474, de magnitude 6, située à 457 années-lumière, située, bien entendu, devant les nuages poussiéreux.

Si vous possédez un instrument d'astronomie, équipez-le d'un oculaire de longue focale de manière à obtenir un faible grossissement (si possible, moins de 30 ×). Puis, visez l'étoile 44 Ophiuchi (magnitude 4,1), située à 1° 17' au nord-est de Thêta Ophiuchi. Si vous placez cette étoile au centre du champ de vision, vous verrez certainement, à gauche, en bordure du champ, l'étoile SAO 185357 (magnitude 6,7) : regardez bien ses environs. Avec un instrument de 100 mm, vous devriez découvrir sans mal une autre nébuleuse obscure, en forme de S, bien plus petite que *Pipe Nebula*, la nébuleuse du Serpent (*Snake Nebula*). Si vous utilisez une lunette de 60 à 80 mm, vous devrez bénéficier d'un ciel bien transparent pour la déceler. Dans tous les cas, juste au sommet du S, vous devinerez un riche amas d'étoiles qui viendra vous rappeler, malgré l'obscurité des nuages que vous venez de traverser, que vous visez en direction du cœur de la galaxie. ■



# “LES GRANDS MOMENTS DE LA BIOLOGIE”



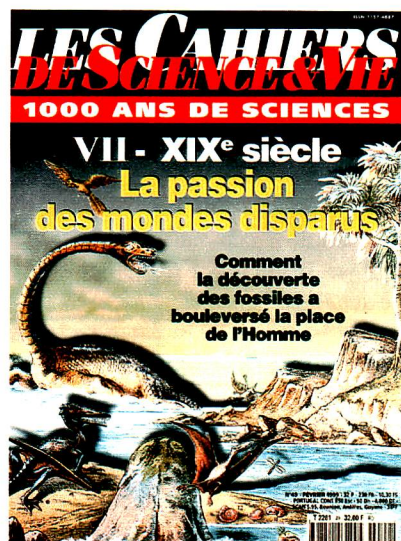
1 > Pasteur : La tumultueuse naissance de la biologie moderne



2 > L'invention de la "pilule"



4 > Les médicaments du cerveau



5 > La passion des mondes disparus



# COMMANDEZ LA NOUVELLE COLLECTION

## DES CAHIERS DE SCIENCE & VIE

# POUR 129 F SEULEMENT !

## 6 FASCICULES EXCEPTIONNELS



3 > Mendel : Comment naquit la génétique



6 > La découverte des neurones

### BON DE COMMANDE

DE LA COLLECTION "LES GRANDS MOMENTS DE LA BIOLOGIE"

A compléter et à retourner avec votre règlement à :

VPC Cahiers de Science & Vie – 1, rue du colonel Pierre Avia – 75503 Paris cedex 15

☒ **OUI**, je commande la collection des Cahiers de Science & Vie consacrée aux Grands moments de la biologie, soit 6 fascicules, au prix exceptionnel de 129 F au lieu de 192 F, prix de vente normal de la collection + 30 F de frais de port soit un **total de 159 F**

☐ Mme ☐ Mlle ☐ M.

Nom

Prénom

Adresse

Code postal

Ville

Je choisis de régler par :

☐ Chèque bancaire ou postal à l'ordre des Cahiers de Science & Vie

☐ Carte bancaire

N°

Expire à fin : mois  année

Date et signature obligatoires

\*Tarif réservé à la France Métropolitaine uniquement et dans la limite des stocks disponibles.

Conformément à la loi Informatique et Libertés du 06/01/78, les informations ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande. Vous avez un droit d'accès, de rectification et vous pouvez vous opposer à la communication ultérieures de celles-ci auprès d'Excelsior.



# La France d'état-major



## CARTO EXPLOREUR

**Q**uelle bonne idée d'avoir numérisé les cartes IGN dites d'état-major TOP 1:25 000, sur lesquelles 1 cm représente 250 m... Cent soixante-dix-neuf CD-Rom "couvrent" ainsi la France entière, chaque département faisant généralement l'objet de deux CD-Rom, qui traitent, selon les cas, de la partie nord et sud, ou est et ouest. Un seul disque regroupe l'équivalent de plusieurs cartes "papier" IGN. Un système de navigation permet, en tapant au clavier le nom d'une localité, de rechercher une ville ou un village parmi les 36 000 communes de France. Si les cartes peuvent supporter sur écran un zoom de 2 à 800 fois, à l'impression on ne pourra guère aller au-delà du rapport 200 dans un format A4. En fait, à l'écran, on se contentera d'un rapport de 50

**Echelle 1:25 000**  
Les fameuses cartes d'état major de l'Institut géographique national ont été numérisées. Chaque département français occupe, la plupart du temps, deux CD-Rom.

à 200 fois, ce qui est largement suffisant. Détail intéressant, le pointeur de la souris affiche en continu les coordonnées du point désigné sur la carte. Actuellement, les cartes ne sont pas encore compatibles GPS, mais on attend les prochaines versions avec impatience.

Bayo, 199 F, 229 F et 249 F (30,34 €, 34,91 €, 37,96 €), selon les zones traitées, pour PC.







# Lumières arabes



## Une page d'astronomie

Ce manuscrit du <sup>xiv</sup>e siècle emprunte au système de Ptolémée pour décrire les phases (en haut) et les éclipses (en bas) de la Lune.



## UNE HISTOIRE DE LA SCIENCE ARABE

**Ahmed Djebbar**  
Entretiens avec Jean Rosmorduc

« L'histoire des sciences occidentale a si longtemps affirmé qu'entre le

“miracle grec” et la Renaissance l’obscurantisme le plus total avait régné, que l’on avait presque fini par le croire. » Deux historiens des sciences, le mathématicien Ahmed Djebbar (ancien conseiller du président Mohamed Boudiaf, puis ministre de l’Education et de la Recherche en Algérie) et le physicien Jean Rosmorduc, ont voulu rendre justice aux savants de la période la plus faste de la civilisation arabo-musulmane, celle qui s’étend du <sup>viii</sup>e au <sup>xv</sup>e siècle. Des algorithmes d’Al-Khwarizmi au traité de chirurgie d’Az-Zahrawi en passant par les recherches d’Al-Biruni dans le domaine de l’astronomie théorique, ce petit ouvrage offre aux non-spécialistes un panorama de la vie scientifique durant cette période méconnue.

On découvre comment la science arabe s’est d’abord construite à partir des traductions du grec, du sanskrit, du pehlvi (la langue utilisée en Perse du <sup>iii</sup>e au <sup>vi</sup>e siècle), du syriaque. Comment les nécessités de la prière ont conduit les musulmans à faire des découvertes en astronomie, en mathématiques, en trigonométrie. Et comment l’avènement de l’arabe en tant que langue universelle d’un immense empire a créé un environnement favorable aux innovations. Au-delà de l’héritage légué au patrimoine scientifique mondial se dessinent un islam ouvert à la pensée rationnelle et une société musulmane fondée sur la tolérance. Face aux extrémismes actuels, ce n’est pas le moindre intérêt de ce livre. **Akela Sari**

Seuil, “Points Sciences”, 386 p., 55 F (8,38 €).



# Agitateurs de neurones

## GRILLES LOGIQUES

Enigmes logiques... sans les maths

Alexandre Desmarest

## TESTEZ VOTRE QI

Et améliorez vos performances

Philip Carter et Ken Russel

**A** l'ombre d'un parasol ou au coin de la cheminée, voici de quoi se muscler les neurones, seul ou en groupe. *Grilles logiques* rassemble près de quatre-vingts énigmes présentées sous forme de... grilles dont chacune des cases contient des indices menant à la solution. Ces indices sont des dessins, des définitions, ou encore des figures géométriques. Comme l'indique le sous-titre (*Enigmes logiques... sans les maths*), aucune connaissance en mathématiques n'est nécessaire. Il suffit d'avoir un peu (parfois beaucoup) de jugeote et du goût pour le jeu!

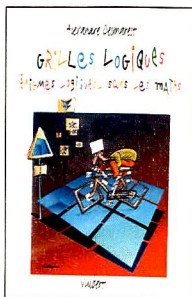
Quant à *Testez votre QI et améliorez vos performances*, que son titre trompeur ne vous intimide pas! Jouez en paix, sans craindre le verdict du score, puisque cet ouvrage ne fournit pas de barème chiffré du quotient intellectuel. Vous saurez tout au plus si vos performances se situent ou non dans la moyenne. Contrairement à celles de l'ouvrage précédent, les énigmes sont en couleurs et font appel à des facultés variées : logique pure, mémoire, capacités de représentation dans l'espace... Là encore, nul besoin d'être un "fort en maths" pour en venir à bout. Le plus dur sera peut-être de résister à l'envie de se précipiter sur les solutions, qui se trouvent à la fin de chaque ouvrage.

.....

Vuibert, 124 p.,

99 F (15,09 €).

Solar, 112 p., 79 F (12,04 €).



## Au travail!

Des jeux pour réveiller ses facultés de déduction, de mémorisation, de visualisation...



## EN LIBRAIRIE

### LES VIES DU CHEVEU

Marie-Christine Auzou  
Sabine Melchior-Bonnet

Qu'ils soient blonds, bruns ou roux, frisés, raides ou ondulés, courts ou longs, savamment coiffés ou volant au vent, les cheveux parlent de leurs propriétaires : de leurs origines géographiques et sociales, de leur âge, de leur personnalité... Ils ont inspiré les poètes, les apothicaires et les peintres. Ils donnent lieu à toutes sortes de rituels, et on leur prête des pouvoirs magiques. Objets de toutes nos attentions et coquetteries – et ce aux quatre coins du monde et depuis toujours –, les cheveux sont ici passés au peigne fin. On parcourt les siècles et les continents, au fil d'un texte très documenté et d'images étonnantes.

.....  
Gallimard, "Découvertes", 128 p.,  
75 F (11,43 €).



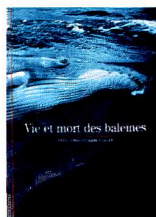
### VIE ET MORT DES BALEINES

Yves Cohat  
Anne Collet

Prêtez-vous une oreille aussi sensible que celle des baleines au chant du livre d'Yves Cohat et Anne Collet? Confrontant les gravures du XVI<sup>e</sup> siècle aux magnifiques photos d'aujourd'hui, les récits de la pêche au harpon aux chiffres du massacre industriel, le monstre terrifiant qu'ont décrit les légendes à la créature docile qu'observent les biologistes, *Vie et mort des baleines* retrace l'histoire des fabuleuses mais néanmoins tristes relations entre le plus grand mammifère marin (dont plusieurs espèces sont en voie d'extinction) et l'homme. Comme le rappellent les auteurs, c'est à ce dernier qu'il appartient d'écrire, au plus vite, un dénouement heureux à cette longue épopée.

Uriell Ceillier

.....  
Gallimard, "Découvertes", 128 p.,  
75 F (11,43 €).





## Le sexe de la pensée

### CERVEAU D'HOMME, CERVEAU DE FEMME ?

**Doreen Kimura**

Le titre américain *Sex and Cognition* correspond davantage au contenu de l'ouvrage : il ne s'agit en effet pas tant de mettre en lumière des différences anatomiques significatives entre le cerveau des femmes et celui des hommes (sur ce point, on ne trouve aucune étude concluante) que de faire le point sur les différences cognitives entre les deux sexes.

Des études comportementales déjà anciennes soulignent des aptitudes divergentes : les femmes sont, en moyenne, meilleures dans les capacités verbales alors que les hommes s'en tirent globalement mieux dans la représentation dans l'espace. Bien sûr, tout cela est à nuancer, car il ne s'agit que de moyennes : nombre de femmes surpassent nombre d'hommes dans les capacités plus spécifiquement masculines, et inversement.

Or, de ces observations, que peu de chercheurs contestent, il est important de ne pas glisser trop vite vers une pure explication organique qui mettrait l'accent sur une pseudo différence structurelle entre le cerveau des femmes et celui des hommes. On n'a pas, à ce jour, fait la part entre ce qui relève de l'inné (spécificités anatomiques, physiologiques, hormonales...) et ce qui relève de la culture (même si, de plus en plus, les différences éducatives envers les petits garçons et les petites filles tendent à s'estomper, elles restent significatives).

Une chose est sûre, en revanche : face à une même tâche, les hommes et les femmes ne développent, en moyenne, pas les mêmes stratégies. Et ceci se traduit sur un plan strictement neuronal : les zones du cerveau activées ne sont pas les mêmes et cette différence apparaît grâce aux nouvelles techniques d'imagerie cérébrale.



### Faire le point

Sur les différences cognitives entre les deux sexes...

Mais encore une fois, rien ne dit qu'il s'agit de différences structurelles.

C'est précisément le défaut de cet ouvrage de faire trop rapidement la part belle à l'interprétation organique. De surcroît, nombre de recherches toutes récentes, notamment en neuro-imagerie, sont absentes de l'analyse. Hormis ces critiques, les données ici rapportées constituent une bonne introduction, qui ouvre plus de questions qu'elle n'en résout.

**Ariane Poulantzas**

.....  
Odile Jacob, 256p., 175 F (26,68 €).

## AU-DELÀ DU SIDA

### Premier volume : Le virus est-il bien la cause du sida ?

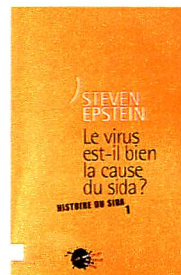
**Steven Epstein**

Dans cette étude, Steven Epstein, professeur de sociologie à l'université de San Diego, explore les incroyables luttes scientifiques et institutionnelles que le sida a cristallisées. Comme si, en deçà des purs arguments scientifiques, étaient à l'œuvre des considérations morales ou esthétiques.

Parce que le sida a d'abord touché la communauté gay, les premières interprétations de la maladie se sont focalisées sur le "mode de vie" de cette communauté. Le sida serait l'aboutissement ultime, l'épuisement immunitaire total, dû à la multiplication récurrente de maladies sexuellement transmissibles conjuguée à l'usage de drogues également supposées affaiblir l'immunité. Outre la force croissante des arguments en faveur du VIH comme cause unique du déclenchement du sida, les premières interprétations ressurgissent de manière sporadique.

Un livre passionnant, car il montre que la science n'est pas un processus froid duquel conflits d'intérêts et *a priori* moraux ou politiques seraient absents.

.....  
Les empêcheurs de penser en rond, 289 p., 110 F (16,77 €).





**au 0810 000 338** numéro Azur  
(coût d'un appel local)



# Braquez sur vous l'oeil d'un satellite d'observation ...

... et recevez, en exemplaire unique au monde,  
la photo de votre région vue de satellite !



TIRAGE PHOTO DE TRES HAUTE RÉOLUTION

**ici** VOTRE CADRAGE :

votre commune est au centre  
(superficie couverte  
60 x 80 km soit une échelle  
au 1/120.000ème)

**ici** VOS COPYRIGHT intégrant  
le nom de la personne  
à qui est destinée cette image

**ici** VOTRE TITRE personnalisé

Aujourd'hui, pour les lecteurs de Science&Vie,  
M-Sat, leader mondial des images satellite en  
couleurs naturelles et haute définition, ouvre l'accès  
à sa base de données.

Chaque lecteur de Science&Vie peut ainsi réaliser un  
rêve : recevoir, chez lui, en exemplaire unique au  
monde, la carte satellite de sa région favorite vue de  
l'espace !

## POUR COMMANDER votre carte satellite unique au monde, c'est simple :

☐ Appelez dès maintenant le **0810 000 338** numéro Azur, (coût d'une communication locale) ou envoyez  
ce bon de commande accompagné de votre règlement à : M-Sat - rue Jean Claret - 63063 Clermont-Ferrand cedex

☐ Communiquez à notre hôtesse ou inscrivez ci-dessous le code postal de la ville que vous voulez voir  
apparaître au centre de votre carte satellite (échelle 1/120.000):

Code postal [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] Ville .....

MODE DE RÈGLEMENT Choisi :

☐ par carte bancaire VISA ou EUROCARD N° ..... expire fin : .....

☐ par chèque à l'ordre de M-Sat

Soit 387 F + 39 F de participation aux frais d'emballage et d'expédition.

**Soit un montant total de 426 F.**

*Vous recevrez sous 14 jours, votre carte satellite unique au monde.*

Nom : .....

Prénom : .....

Adresse : .....

Code postal : .....

Ville : .....

e-mail : .....

téléphone : .....

*Attention : en tant que produit spéci-  
fiquement réalisé sur mesure,  
cette offre est non remboursable*

Date/signature obligatoires



# Ils ont inventé

## 2.

## Les titans du

PAR RENÉ  
CUILLIERIER

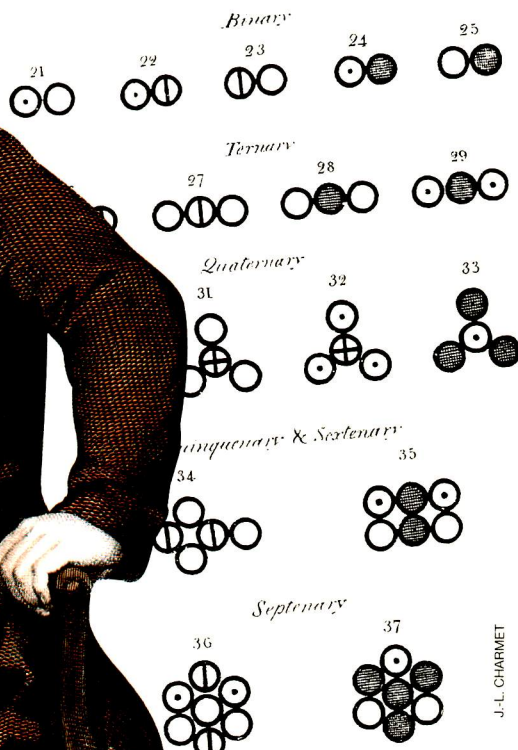


Au XIX<sup>e</sup> siècle, l'idée que la matière est constituée de minuscules particules élémentaires invisibles fait son chemin. L'hypothèse corpusculaire formulée par Maxwell puis Boltzmann vers 1865 est très vite étayée et précisée par d'autres chercheurs. L'atome prend forme.



### John Dalton

A l'aube du XIX<sup>e</sup> siècle, ce savant britannique est le premier à montrer que la présence de différents éléments chimiques est la preuve qu'il existe plusieurs sortes d'atomes.





# l'atome

## XIX<sup>e</sup> siècle



J.-L. CHARMET

**A**près vingt siècles de règne incontesté de la pensée d'Aristote, la Renaissance ouvre l'ère de la physique classique. Galilée, Descartes, Newton, Huygens et leurs successeurs mettent alors deux cent cinquante ans pour découvrir les lois du mouvement et de la gravitation et les unifier dans le grand édifice de la mécanique rationnelle. Les tout premiers scientifiques ont sorti des oubliettes l'antique concept d'atome que le Moyen Âge semblait avoir définitivement étouffé. Ils en usent sans retenue, mais n'en tirent aucun enseignement pratique ni n'en démontrent l'existence réelle. La question de l'atome ne deviendra techniquement abordable que dans les dernières années du XIX<sup>e</sup> siècle.

En cinquante ans de révolution industrielle, la matière a été soumise à toutes sortes d'enquêtes poussées et de manipulations réussies. Du côté des physiciens, grâce à la thermodynamique, on sait désormais décrire précisément les échanges de chaleur, le travail mécanique, les changements de volume et de pression dans les gaz – une théorie qui permet de fabriquer et d'améliorer des machines à vapeur.

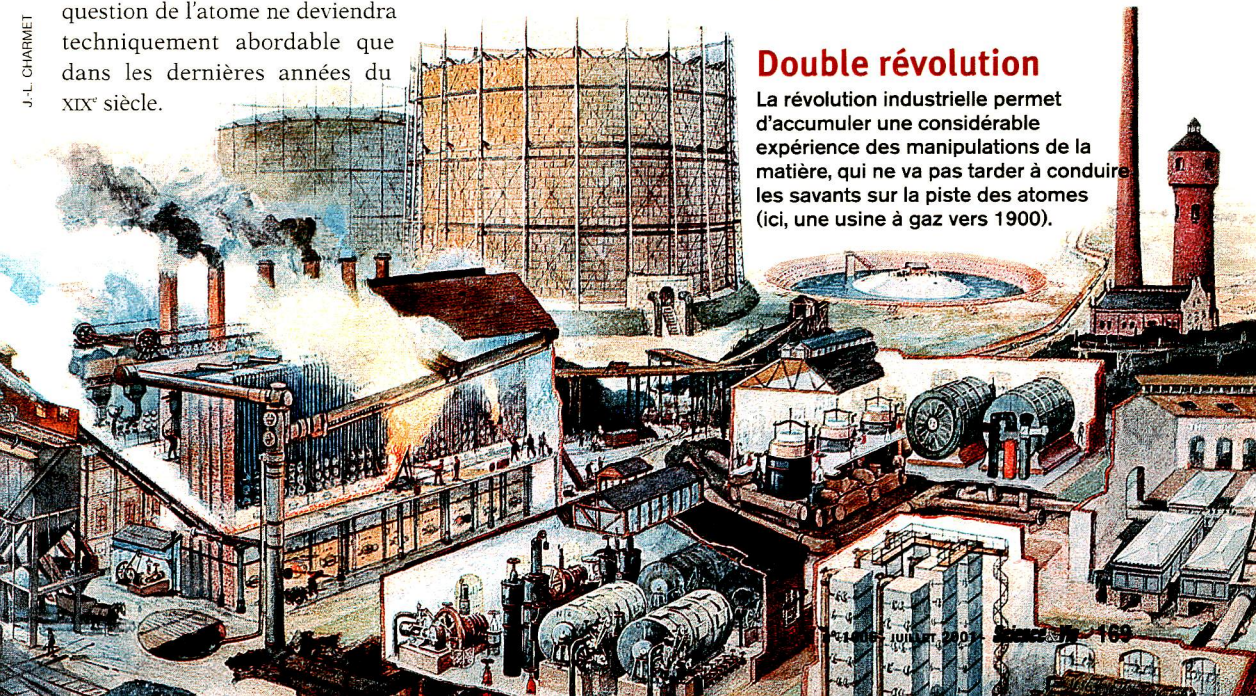
Du côté des chimistes, grâce aux travaux du Britannique John Dalton (1766-1844), on se convainc que penser en termes de particules élémentaires – d'atomes – est fort pratique pour orga-

### Ludwig Boltzmann

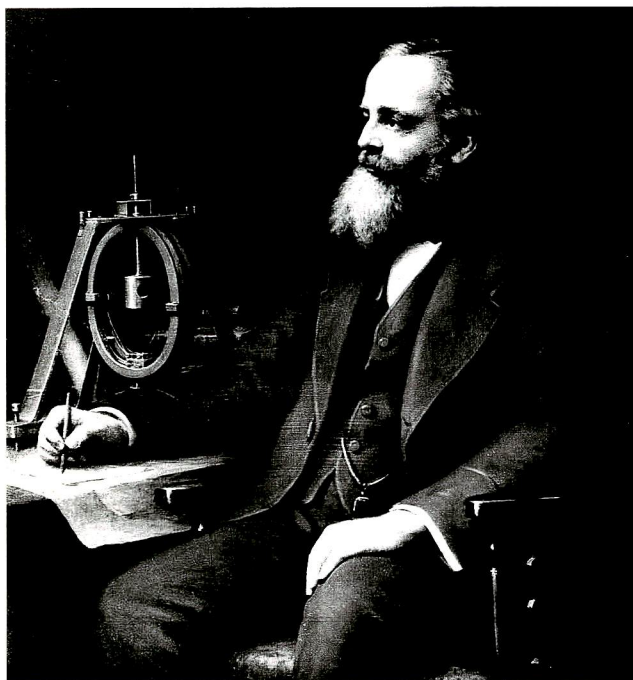
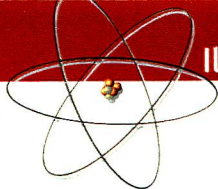
Fondateur de la mécanique statistique, il montre comment les lois des échanges de chaleur et du travail mécanique ne sont que le résultat du billard frénétique auquel se livrent les atomes.

### Double révolution

La révolution industrielle permet d'accumuler une considérable expérience des manipulations de la matière, qui ne va pas tarder à conduire les savants sur la piste des atomes (ici, une usine à gaz vers 1900).







KHARBINE-TAPABOR

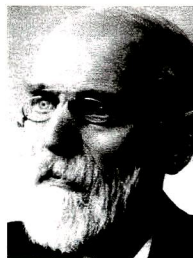
niser l'ensemble des connaissances empiriques accumulées, notamment quand il s'agit de la proportion d'éléments dans un composé chimique (par exemple, pour l'eau, deux parties d'hydrogène pour une partie d'oxygène). L'idée que la matière est constituée d'innombrables particules élémentaires invisibles fait son chemin, et elle ne va pas tarder à trouver sa démonstration.

### LA LOI DES "GAZ PARFAITS"

Tout commence en 1865, lorsque James Clerk Maxwell (1831-1879), le physicien écossais qui vient d'unifier les lois de l'électromagnétisme, publie un article qui tente de décrire le mouvement des molécules et des atomes dans un gaz. La tentative est encore incomplète, mais, deux ans plus tard, un brillant physicien autrichien de 24 ans, Ludwig Boltzmann (1844-1906), propose à son tour une théorie sur le même sujet. Il montre que la loi des "gaz parfaits", qui permet de prédire les changements de pression d'un gaz dans une enceinte dont on fait varier la température, s'explique très bien si l'on

### James Maxwell

**Surtout connu pour avoir unifié les lois de l'électromagnétisme, il sera l'un des précurseurs de Boltzmann.**



AMBASADE DES PAYS-BAS

### Johannes Van der Walls

**Il montre que seule l'hypothèse de Boltzmann rend compte avec exactitude du comportement des gaz.**

assimile le gaz à de minuscules billes dures qui s'entrechoquent dans tous les sens. Boltzmann confirme les calculs de Maxwell et montre que, pour une température donnée, les vitesses individuelles de ces corpuscules restent voisines de la moyenne des vitesses. Peu de particules sont plus lentes que la moyenne, car, vu le chaos qui règne à l'échelle microscopique, il est très improbable qu'elles échappent aux bousculades de leurs congénères. De même, peu de particules sont plus rapides que la moyenne, parce qu'elles sont rarement bousculées plusieurs fois de suite dans le même sens. Boltzmann établit alors que l'énergie moyenne des particules dépend uniquement de la température du gaz, dans un rapport constant appelé  $k$ . C'est la désormais fameuse constante de Boltzmann. Elle établit un pont fondamental au-dessus de l'abîme vertigineux qui sépare le monde microscopique du monde macroscopique (à notre échelle).

Depuis l'Antiquité, on se doute que, si un litre d'air ou un gramme de matière est constitué d'atomes minuscules, il doit y en avoir beaucoup. Mais, beaucoup, c'est combien? Un millier, un million, cent milliards? Boltzmann est capable de répondre : environ  $10^{23}$  (dix mille milliards de milliards), c'est-à-dire autant que le nombre de cuillères à café qu'il faudrait pour vider l'océan Pacifique!

Une nouvelle voie de recherche est donc en train de se dessiner. On va bientôt pouvoir unifier la mécanique, science du mouvement, et la thermodynamique, une branche encore isolée de la physique qui étudie les relations entre énergie, pression, température et volume dans la matière.

En 1873, l'hypothèse corpusculaire de Maxwell et de Boltzmann remporte un nouveau succès à travers la publication de la thèse révolutionnaire de Johannes Van der Walls (1837-1923), un étudiant hollandais de 36 ans (sa publication fut tardive, car son auteur dû apprendre le latin pour pouvoir publier son texte). Van der Walls s'intéresse à un petit défaut





ROGER-VIOLLET

théorique : la loi des gaz parfaits ne correspond à la réalité que de façon... imparfaite. On observe de légers écarts entre ce qu'elle prédit et les résultats expérimentaux. Partant de l'hypothèse corpusculaire, Van der Waals ajoute deux précisions simples. D'abord, au lieu de réduire les atomes ou les molécules à de simples sphères dures, il leur confère une propriété d'origine électrique, celle de s'attirer mutuellement. Ces forces de Van der Waals sont responsables du phénomène de capillarité qui fait grimper les liquides dans les tubes de très fin diamètre. En outre, Van der Waals suppose que, s'il est composé de petites billes, même microscopiques, le volume d'un gaz ne tend pas rigoureusement vers zéro lorsqu'on le comprime, comme le suggère la loi des gaz parfaits, mais



CORBIS SYGMA

## Contre Boltzmann

A l'université de Berlin (ci-dessus), Wilhem Ostwald est un fervent défenseur de l'énergétisme. A l'université de Vienne (ci-dessous), Ernst Mach clame l'impossibilité d'explorer le monde au-delà de nos sens. Tous deux s'opposent avec virulence à l'hypothèse corpusculaire de Boltzmann.

vers une valeur limite qui correspond à l'espace occupé par les corpuscules quand ils sont tassés les uns contre les autres. La loi des "gaz réels" qui en résulte rend compte de façon si spectaculaire des écarts observés dans les expériences qu'elle fait le tour du monde en quelques mois.

En un seul coup de maître, Van der Waals décrit précisément le comportement des gaz, donne une piste pour calculer la taille des microscopiques grains de matière et explique l'existence du mystérieux point critique au-delà duquel les états liquide et gazeux de la matière se fondent en un seul et même état fluide.

## UN FONDEMENT MICROSCOPIQUE

Parallèlement, le jeune Boltzmann poursuit son ascension dans le Gotha de la physique internationale. Fort des premiers succès remportés par l'idée d'une nature corpusculaire de la matière, il pose progressivement les premières pierres de la mécanique statistique. Cette discipline part du principe que les grands macroscopiques (la pression, le volume, la température d'un gaz, mais aussi la capacité d'un corps à emmagasiner de la chaleur) ont toutes un fondement microscopique qui réside dans l'agitation purement mécanique des grains élémentaires de matière. Seulement, étant donné le nombre faramineux d'atomes ou de molécules mis en jeu, il est impensable de

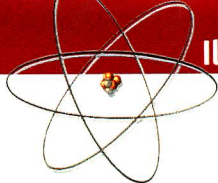


HARLINGUE-VIOLLET



COLLECTION VIOLLET





suivre le mouvement de chaque particule pour relier les mondes microscopique et macroscopique. Boltzmann contourne habilement l'obstacle et introduit la notion de probabilité pour décrire les grandes tendances du comportement collectif des atomes. Utiliser les probabilités est une innovation en physique que l'on retrouvera en mécanique quantique quelques années plus tard.

### LEVÉE DE BOUCLERS

L'hypothèse de l'existence d'atomes et de molécules, c'est-à-dire l'idée que la matière n'est pas continue mais corpusculaire, a donc prouvé qu'elle avait une valeur heuristique : elle s'accorde élégamment aux résultats expérimentaux, elle unifie mécanique et thermodynamique, et elle permet à la physique de poser de nouvelles questions, notamment celle de la taille des atomes. De tels succès forcent l'adhésion des scientifiques les plus récalcitrants. Pourtant, les atomes vont bientôt devoir faire face à une terrible levée de boucliers.

Les choses se gâtent vers 1890, quand la vision corpusculaire est attaquée par deux scientifiques de renom, l'Allemand Wilhelm Ostwald (1853-1932), considéré comme le fondateur de la chimie physique, et l'Autrichien Ernst Mach (1838-1916), dont le nom est attaché à l'étude des vitesses supersoniques. Comme dans l'Antiquité, l'un des enjeux fondamentaux de la dispute est de savoir s'il existe une réalité objective, indépendamment de la perception que nous en avons. Il faut dire que le monde germanique a connu sa révolution industrielle assez tardivement, à une époque où l'enthousiasme pour l'idéologie du progrès par la science est quelque peu retombé. Les intellectuels de l'époque commencent à développer une vision critique qui va parfois jusqu'à relativiser l'importance des découvertes scientifiques, au



RUE DES ARCHIVES

### Rudolf Clausius

**En 1850, il montre que tout système thermodynamique isolé connaît une dégradation d'énergie et tend vers l'équilibre : c'est l'entropie, un concept ébauché dès 1824 grâce aux travaux sur la puissance des machines à vapeur.**

point de rejeter tout espoir de comprendre la réalité matérielle.

Ostwald, par exemple, est un tenant de l'énergétisme, une doctrine qui prétend ramener toute la science au seul concept d'énergie. Pour lui, la notion d'atomes et les arguments en faveur de leur nature corpusculaire sont sans objet : la matière n'est qu'une apparence, seule l'énergie – concept infiniment plus spirituel – a une réalité.

Mach, de son côté, défend une position positiviste extrême. Selon lui, le matérialisme scientifique, l'idée qu'il existe un monde matériel

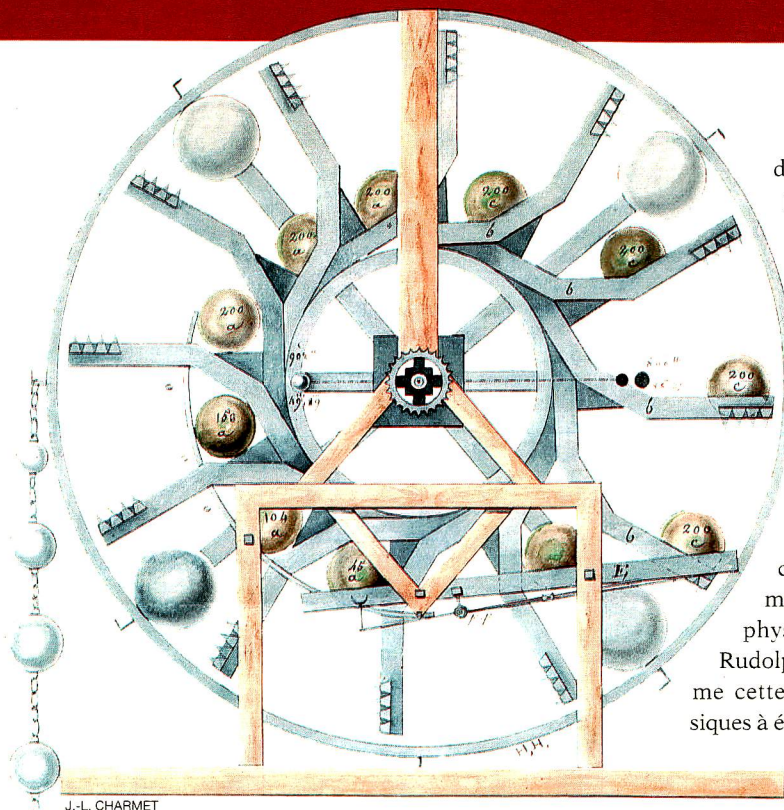
extérieur à nos sens, est d'ordre mystique. Le monde est fait de nos sensations, et il est vain, parce qu'indémontrable, de chercher une cause extérieure à celles-ci. Inutile d'essayer de connaître la réalité en elle-même. Il semble également que Mach aime à imaginer que l'espace comporte plus de trois dimensions. L'image trop terre à terre que donne Boltzmann du monde microscopique le dérange pour cette raison.

Ostwald et Mach mènent donc leur combat contre Boltzmann sur le terrain philosophique, mais avec des arguments scientifiques très



AKG PARIS





pointus. Deux mille cinq cents ans auparavant, la bataille de l'atome avait tourné autour de la notion de "flèche du temps" et de l'explication des phénomènes irréversibles (voir *Science & Vie* n° 1005, p. 172). Au tournant du XX<sup>e</sup> siècle, il en sera de même. Ostwald ouvre le feu sur cette question en 1895, lors d'un congrès à Lübeck : « Le fait que les phénomènes naturels soient effectivement irréversibles, déclare-t-il, prouve qu'il existe des processus impossibles à décrire à l'aide d'équations purement mécaniques, ce qui sonne le glas du matérialisme scientifique. »

Il faut savoir que les lois de la mécanique sont, comme le disent les physiciens, « réversibles dans le temps ». Or, peut-on imaginer que deux liquides de couleurs différentes, inextricablement mélangés par le carambolage de leurs atomes respectifs, puissent spontanément se "démêler" ? D'après la mécanique, si la matière est composée d'atomes, ce devrait être possible ; mais ce n'est jamais le cas dans le monde que nous connaissons. Ostwald – et Mach à sa suite – affirme que, pour imposer un sens privilégié au

## La fin du mouvement perpétuel

La découverte de la notion d'entropie met un terme à la quête du mouvement perpétuel, poursuivie en vain par quelques grands savants et une foule de farfelus (ici, une machine déposée par J. A. Gervais en 1834).

déroulement de phénomènes physiques apparemment irréversibles, il faut donc qu'il existe une autre force, que ne postule pas la vision "simpliste" développée par la mécanique statistique.

La réponse de Boltzmann est à la fois son plus grand titre de gloire et une œuvre inachevée. Avant lui, l'existence de phénomènes irréversibles n'était correctement considérée qu'en thermodynamique. L'entropie, une grandeur physique postulée par l'Allemand Rudolph Clausius (1822-1888), exprime cette tendance des systèmes physiques à évoluer vers des états dont l'énergie est dégradée, c'est-à-dire dont il n'est plus possible de tirer aucun travail. Un corps

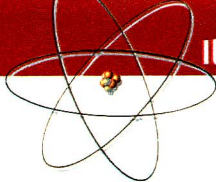
dont une partie est chaude et l'autre froide (situation qui crée un flux de chaleur qui peut être exploité pour faire tourner une machine) tend à devenir uniformément tiède, un état dont l'énergie thermique est inutilisable.

Cette entropie, qui se doit toujours d'augmenter, est difficile à expliquer, mais elle a le grand mérite d'exclure définitivement la possibilité du mouvement perpétuel – et de délivrer les académies des sciences européennes des tombeaux de lettres de farfelus qui prétendent l'avoir découvert.

## UN SYSTÈME DANS TOUS SES ÉTATS

L'entropie est-elle en contradiction avec les lois de la mécanique ? Non, répond Boltzmann. Et il en donne la preuve. Tout repose, encore une fois, sur le fait qu'il est vain de prétendre suivre le parcours de chaque particule individuelle si l'on veut décrire l'état macroscopique d'un système. A tout état macroscopique (par exemple, un ensemble température, pression et volume) correspond une myriade d'états microscopiques possibles. Dans la pièce où vous vous trouvez, imaginez que





vous puissiez intervertir la position de deux molécules et inverser les vitesses de deux autres. Vous aurez beau effectuer une multitude de permutations et de combinaisons possibles, l'atmosphère de votre pièce aura toujours le même aspect macroscopique. Boltzmann appelle  $\Omega$  le nombre d'états microscopiques qui donnent le même état macroscopique. Et il explique : l'agitation chaotique des atomes d'un gaz le pousse à explorer tous les états microscopiques possibles. Si vous rassemblez toutes les molécules d'air que vous respirez dans un coin de votre pièce, une fois relâchées, elles s'éparpillent dans l'espace jusqu'à former un état macroscopique, dont le nombre  $\Omega$  des combinaisons possibles est tellement grand qu'elles l'exploreront éternellement. Voici donc la source de l'entropie et des phénomènes irréversibles : le désordre, qui, en ce bas monde, ne peut que croître.

### LES FAILLES DU RAISONNEMENT

Ostwald vaincu, le brillant Mach, lui-même spécialiste de mécanique, relève le gant. Il note deux failles dans la démonstration de Boltzmann. D'abord, les vitesses et les énergies des atomes varient de façon continue : difficile, dès lors, de dénombrer  $\Omega$ , puisque – selon Mach – il est toujours infini.

A cela, Boltzmann répond sans trop de difficulté. Sans chercher à les dénombrer un par un, on peut toujours parler de la "densité" des états microscopiques (un peu comme on parle de densité d'un bloc de matière sans avoir à compter un par un les atomes qui le constituent). Il préfigure encore une fois la future mécanique quantique en affirmant : « Je ne vois pas pourquoi, au niveau atomique, les niveaux d'éner-

### Jean Perrin

**Ardent défenseur de la vision corpusculaire de la matière, il montre que les rayons cathodiques sont des flux de particules chargées (les électrons), et que l'eau est constituée de molécules microscopiques.**



KHARBINE-TAPABOR

### Albert Einstein

**Admirateur de Boltzmann, il publie, en même temps que sa théorie de la relativité, une preuve de l'existence des atomes fondée sur l'étude du "mouvement brownien".**



gie ne seraient pas eux-mêmes quantifiables, dénombrables » (on sait aujourd'hui que c'est effectivement le cas, ce qui a permis de définir l'entropie de façon plus rigoureuse).

L'autre critique de Mach, cependant, est dévastatrice : puisque, selon Boltzmann,  $\Omega$  n'est pas infini, lorsqu'un système atteint l'état de plus grand désordre, il y reste très longtemps... mais pas indéfiniment ! A un moment ou à un autre, le système revient vers des états antérieurs. En clair, si vous attendez suffisamment longtemps, tous les atomes de l'air iront se rassembler dans un coin de votre salon.

Dans ce cas, fini l'irréversibilité... S'il n'y a plus de phénomènes irréversibles, faut-il penser que la flèche du temps n'a plus de sens ? Encore aujourd'hui, la réponse est très ambiguë, et ce sujet alimente les débats entre les grands esprits de notre

temps que sont Roger Penrose

et Stephen Hawking. Cependant, si les molécules d'air devaient se rassembler un jour dans un coin de la pièce, cela se produirait dans si longtemps – bien au-delà de la durée de vie de l'Univers – que la question semble un peu vaine.

Mais, pour Boltzmann et Mach, c'est

AKG PARIS



une question de principe. Les deux géants de la physique du XIX<sup>e</sup> siècle se sont mis dans une situation où il n'y a qu'une seule issue possible : écraser l'adversaire. C'est Boltzmann, psychologiquement affaibli, qui perdra pied le premier, cédant progressivement du terrain à son ennemi, dont les idées séduisantes et quelque peu mystérieuses provoquent un engouement certain parmi les élites intellectuelles.

## DES PREUVES SUR UN PLATEAU

Dans l'ombre, deux jeunes physiciens sont pourtant en train de lui apporter la victoire sur un plateau. L'un d'eux est français, c'est Jean Perrin (1870-1942). Ce futur prix Nobel, qui fondera le Centre national de la recherche scientifique et le Palais de la découverte, publie en 1906 un article dans lequel il démontre que, quelle que soit la méthode employée, si l'on dénombre les molécules contenues dans une masse d'eau donnée, on obtient à chaque fois le même résultat. Difficile à expliquer si lesdites molécules ne sont qu'une vue de l'esprit !

L'autre jeune défenseur de Boltzmann est allemand. En 1905, il travaille au Bureau fédéral des brevets, à Berne (Suisse). Il s'appelle Albert Einstein (1879-1955). Il s'intéresse à un curieux phénomène : le mouvement brownien. Lorsque des particules très fines sont plongées dans un fluide, elles se déplacent de façon complètement erratique sans qu'on applique une quelconque force. Pourquoi ? Parce que les molécules de ce fluide, en perpétuelle agitation, bousculent les fines particules de l'expérience. Einstein démontre que, même si la matière nous semble lisse, continue et inerte, elle peut être constituée d'un grand nombre de corpuscules



J.-L. CHARMET

## Le paradoxe du ballon

**L'observation du comportement des gaz permet à Einstein d'expliquer pourquoi de microscopiques particules agitées de mouvements désordonnés gonflent un ballon de façon uniforme.**

microscopiques. La pression d'un gaz dans un ballon est le résultat des myriades de petites collisions produites par les atomes de ce gaz contre la paroi du ballon. Leur nombre est si grand que, à tout instant, chaque parcelle de la surface du ballon subit en moyenne le même nombre de chocs. Si l'on n'enfermait qu'un seul atome dans le ballon, la surface de celui-ci présenterait des bosses successives, témoins des chocs de la particule contre sa paroi. A petite échelle, des fluctuations se manifestent, dues au fait

qu'à tel endroit et à tel moment, les chocs des atomes poussent un peu plus dans un sens que dans un autre. Einstein explique que ces microfluctuations sont à l'origine du mouvement brownien, déplacement erratique des particules de matière plongées dans un fluide. Ce mouvement resterait inexplicable si l'on supposait que la matière est continue plutôt que corpusculaire.

Peu après sa publication, en 1905, l'étude du mouvement brownien par Einstein met fin à la polémique sur l'existence des atomes. Belle victoire pour la théorie de Boltzmann – qui n'en aura malheureusement pas connaissance. Submergé par une dépression nerveuse, celui qu'on avait surnommé "le taureau" en raison de sa bravoure devant les assauts de Mach et d'Ostwald se pend en 1906 dans sa maison de vacances de Duino, près de Trieste. Le cadre théorique légué par Boltzmann, l'exploration minutieuse de chaque faille du raisonnement qu'il avait entreprise, tout comme Mach, ouvraient la voie à une nouvelle ère de la physique. Après la chute des titans du XIX<sup>e</sup> siècle, les jeunes dieux de la physique du XX<sup>e</sup> allaient entrer en scène. ■

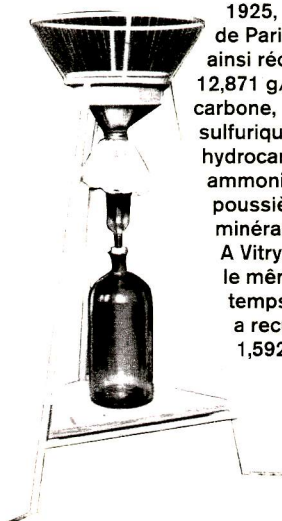


# Il y a 75 ans

## Poussières sur les villes

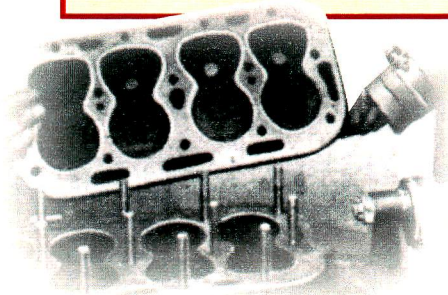
Ce pluviomètre est équipé de joints empêchant l'intrusion de poussières autres que celles contenues dans les eaux de pluie. L'analyse de l'eau recueillie donne donc la teneur de l'air en particules diverses. Durant le mois de février

1925, au centre de Paris, on a ainsi récolté 12,871 g/cm<sup>2</sup> de carbone, acide sulfurique, chlore, hydrocarbure, ammoniac et poussières minérales. A Vitry, dans le même temps, on en a recueilli 1,592 kg/cm<sup>2</sup> !



## Halte aux moteurs encrassés !

La culasse amovible dont sont dotés la majorité des moteurs automobiles modernes rend rapide et commode le nettoyage des chambres d'explosion et des têtes de pistons. Nettoyage qu'il faut effectuer tous les 8000 à 15000 kilomètres, selon la taille du moteur.



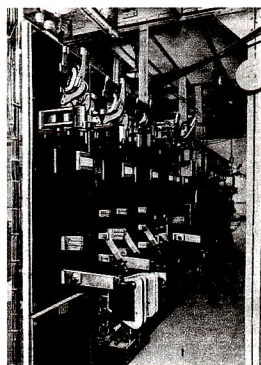
**JUILLET 1926**

Cette "machine à cintrer" électrique est utilisée dans les ateliers de carrosserie de Renault. Les pièces en bois d'épaisseur importante (membrures de caisse, jantes...) sont placées sous le tambour central, puis pliées par les bras articulés autour de ce demi-cylindre de façon à adopter la cambrure voulue.

TOUS DROITS RÉSERVÉS

## Boire en restant couché

S'il a un aspect bizarre, le gobelet inventé par le Dr Henry présente un grand avantage : on peut le tenir à l'horizontale sans renverser une goutte de liquide. Car le volume de la partie conique est exactement égal à celui que le liquide laisse vide lorsqu'on incline le gobelet.



## La télé mécanique gagne du terrain

Une première en France ! La station électrique qui alimente la ligne de tramway Louvre-Versailles vient d'être équipée d'un tableau automatique commandé à distance. Il suffit donc d'un seul agent, installé au centre d'exploitation du réseau, pour mettre en route ou arrêter les transformateurs, et pour répartir le courant entre les sections de la ligne de tram.



# Le Défi d'Atlantis et CyberWorld !!!



**QUE D'EAU !**



**QUE D'OOOH !**

Venez dès maintenant vivre des émotions inoubliables sur le Parc du Futuroscope : relevez le Défi d'Atlantis, volez au secours de Poséidon au fond de l'océan, et partez pour CyberWorld, un voyage fantastique dans des univers virtuels comme vous n'en avez jamais vus.

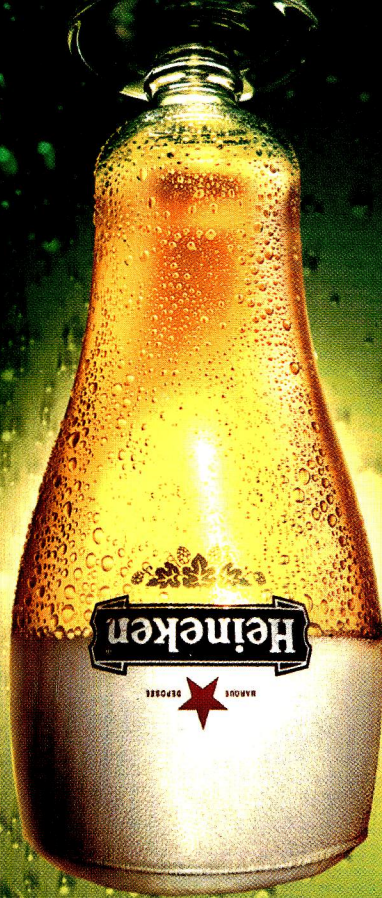
Informations et réservations au

**05 49 49 59 84**

**[www.futuroscope.com](http://www.futuroscope.com)**

Parc du  
**FUTUROSCOPE**





L'esprit bière  
par **Heineken**

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