

# SCIENCE & VIE

MENSUEL - N° 872

MAI 1990

## QUELLE EAU BOIRONS-NOUS ?

● Le gène  
de la  
jeunesse

● Encore  
l'Airbus  
A320 !

● Sida :  
premiers  
pas vers  
le vaccin

Jegou.



M 2578 - 872 - 20,00 F



3792578020005 08720

# DIAPOSITIVES KODAK EKTACHROME.



LA VÉRITÉ EST SI BELLE QU'ELLE MÉRITE D'ÊTRE ENCADRÉE.



Films Kodak Ektachrome: 50 HC, 100 HC, 200, 400 et 800/1600 ISO.

**KODAK. TOUJOURS UN DÉCLIC D'AVANCE.**



# SCIENCE & VIE

## • DIRECTION, ADMINISTRATION

Président-directeur général : PAUL DUPUY  
Directeur général : JEAN-PIERRE BEAUALET  
Directeur financier : JACQUES BEHAR  
Directeur commercial publicité : STÉPHANE CORRE  
Directeur marketing et commercial : FRANCIS JALUZOT  
Directeur des études : ROGER GOLDBERGER

## • RÉDACTION

Rédacteur en chef : PHILIPPE COUSIN  
Rédacteur en chef adjoint : GERALD MESSADIÉ  
Chef des informations,  
rédacteur en chef adjoint : JEAN-PÈNÉ GERMAIN  
Rédacteur en chef adjoint : GÉRARD MORICE  
Assistante de MONIQUE VOGT  
Secrétaire général de rédaction : ELIAS AWAD  
Secrétaire de rédaction : DOMINIQUE LAURENT.  
FRANÇOISE SERGENT, MARIELLE VÉTEAU  
Rédacteurs : MICHEL EBERHARDT, RENAUD DE LA TAILLE,  
ALEXANDRE DOROZYNSKI, PIERRE ROSSION, JACQUES  
MARSAUT, PIERRE COURBIER, CHRISTINE MERCIER,  
JACQUELINE DENIS-LEMPEUR, MARIE-LAURE MOINET,  
ROGER BELLONE, JEAN-MICHEL BADER, DIDIER DUBRANA  
Secrétaire : MARIE-ANNE GUFRROY

## • ILLUSTRATION

ANNE LÉVY  
Photographe : MILTON TOSCAS

## • DOCUMENTATION

CATHERINE MONTARON

## • CONCEPTION GRAPHIQUE

TOTEMA, ANTONIO BELLAVITA

## • MAQUETTE

CHRISTINE VAN DAELE,  
LIONEL CROOSON

## • RELATIONS EXTÉRIEURES

MICHÈLE HILLING

Assistée de : MARIE-LAURE GRATREAU

Publié par EXCELSIOR PUBLICATIONS S.A.  
Capital social : 2 294 000 F - durée : 99 ans  
5 rue de La Baume - 75415 Paris Cedex 08 - Tél. 40 74 48 48  
FAX : (1) 42 89 42 27 - TELEX : 641 866 F  
Adresse télégraphique : SENVIE PARIS  
Principaux associés : JACQUES DUPUY, YVELINE DUPUY,  
PAUL DUPUY

## • SERVICES COMMERCIAUX

Abonnements : SUSAN TROMEUR  
Vente au numéro : JEAN-CHARLES GUERAULT  
Assiste de : MARIE CRIBIER  
téléphone vert : 05 43 42 08 réservé aux dépositaires  
Belgique : A.M.P. 1 rue de la Petite-Isle 10.70 Bruxelles

## • CORRESPONDANTS

New York : SHEILA KRAFT, 300 Winston Drive, Cliffide  
PK NJ 07010 USA  
Londres : LOUIS BLONCOURT, 16, Marlborough Crescent  
London W4, 1 HF  
Tokyo : LIONEL DERSOT - Sun Height 205  
2-14-1 Sakuragaoka  
Setagaya-Ku - Tokyo 156

## • PUBLICITÉ

EXCELSIOR PUBLICITÉ INTERDECO  
27 rue de Berri - 75008 Paris - Tél. (1) 45 62 22 22  
Directeur de la publicité : RICHARD TZIPINE-BERGER  
Chef de publicité : FREDERIC PAPIN

## • À NOS LECTEURS

Courrier et renseignements : MONIQUE VOGT

## À NOS ABONNÉS

Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Changements d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 2,20 F en timbres-poste français ou règlement à votre convenance. 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 INSERÉS NE SONT PAS RENDUS  
COPYRIGHT 1989 SCIENCE & VIE



BVP

# ABONNEZ-VOUS À SCIENCE & VIE

1 AN - 12 N°s : 220 F  
2 ANS : 400 F

1 AN - 12 N°s  
+ 4 Hors série : 295 F  
2 ANS : 520 F

## BULLETIN D'ABONNEMENT

à adresser paiement joint à Science & Vie  
5, rue de La Baume - 75415 Paris Cedex 08

### • Veuillez m'abonner pour

- 1 AN       1 AN + 4 hors série  
 2 ANS       2 ANS + 8 hors série

Nom \_\_\_\_\_

Prénom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Code Postal \_\_\_\_\_

Ville \_\_\_\_\_

Pays \_\_\_\_\_

Profession ( facultatif ) \_\_\_\_\_

• Ci-joint mon règlement de \_\_\_\_\_ F.  
par chèque ou mandat lettre à l'ordre de  
Science & Vie-Bred.

Étranger : mandat international ou chèque.

étranger : Belgique 1 an simple 1595 FB - 1 an couplé 2135 FB - Excelsior Publications - B.P. N° 20 IXELLES 6 - 1060 Bruxelles / Canada un simple 43 \$ Can - 1 an couple 60 \$ Can - Periodics Inc. C.P. 444, Outremont, P.O. Canada H2V 4R6 / Suisse 1 an simple 66 FS - 1 an couplé 87 FS - Naville et Cie, 5-7, rue Levrier, 1211 Genève 1 / USA 1 an couple 70 \$ - International Messengers Inc. P.O. Box 60326 Houston - Texas 77209  
Autres pays : 1 an simple 293 F - 1 an couple 378 F. Commande à adresser directement à SCIENCE & VIE. Recommandé et par avion nous consulter.

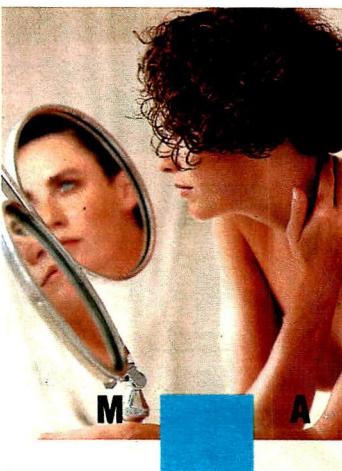


SV82



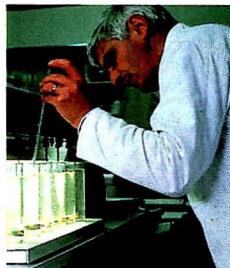
**On a parlé aux abeilles.** Unurreurélectronique a permis de traduire la langue humaine en langage abeille. p. 60

**Le gène de la jeunesse.** Qu'est-ce qui "remonte" l'horloge du temps biologique ? Et pourrait peut-être la faire repartir pour un tour ? Un gène qu'on vient d'identifier. p. 46



S O M A

**Robinet, bouteille et nitrates.** Les nitrates agricoles s'infiltrent dans les nappes d'eau souterraines, rendant l'eau du robinet imbutable. p. 72  
Faut-il se rabattre sur l'eau en bouteille qui vaut en moyenne 313 fois plus cher ? p. 86



**Le terrorisme "high tech".** Plus besoin d'explosifs pour rançonner les sociétés industrielles. Un bon bricolage fait mieux. p. 120



## SAVOIR

### Forum

#### Encore l'Airbus

#### L'Univers entre deux bulles

*Jean-François Robredo*

#### La percolation, entre continu et discontinu

*Hélène Guillemot*

#### Le gène de la jeunesse

*Alexandre Dorozynski*

#### Les féconds zigzags de la double hélice

*Marie-Françoise Lantiéri*

#### Sida : le signal qu'on peut bloquer

*Jean-Michel Bader*

#### Les parents s'irradient, les enfants meurent

*Jean-Michel Bader*

#### On a parlé "abeille"

*Jacques Marsault*

#### Echos de la recherche

*Dirigés par Gérard Messadié*

65

## POUVOIR

Pourquoi nous buvons  
des nitrates

*Marie-Laure Moinet*

72

La bouteille à l'encre  
des eaux en bouteille

*Jacqueline Denis-Lempereur*

86

Les torrents aussi !

*Didier Dubrana*

98

Comment s'en débarrasser ?

*Marc Mennessier*

104

Le "business" de l'écologie

*Didier Dubrana*

116

La mémoire en otage

*Henri-Pierre Penel*

120

Apache : le missile  
de croisière français

*Serge Brosselin*

122

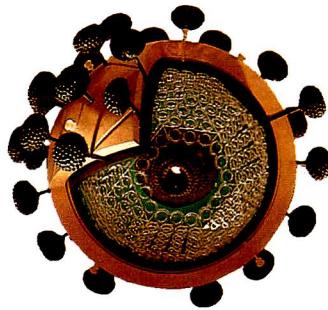
Echos de l'industrie

*Dirigés par Gérard Morice*

129

Des marchés à saisir

134

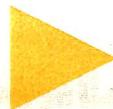


**Premier pas vers un anti-sida.** On a réussi à bloquer la multiplication du virus dans le lymphocyte qu'il infecte.

p. 52

I R E

## UTILISER



Cap sur la haute définition  
*Roger Bellone* **136**

Environnement : des métiers nouveaux et multiples  
*Isabelle Bourdial*

**141**

Science & Jeux  
*Gilles Cohen,*  
*Yves Delaye,*  
*Renaud de La Taille et*  
*Henri-Pierre Penel* **144**

Science & Vie  
a lu pour vous **158**

Echos de la vie pratique  
Dirigés par *Roger Bellone* **162**



**Les parents s'irradient,  
les enfants meurent...**

p. 54

• **Un tissu de commerces** • C'est en ces termes sommaires que M. Ziegler, le directeur technique d'Airbus Industrie, a publiquement commenté notre article sur l'A 320. Nous lui avons demandé de détailler cette forte pensée.

p. 8





CITROËN préfère TOTAL

## ET ON NE PARLERA PLUS DU DIESEL COMME AVANT.

Pour la première fois au monde, sur une voiture de série, voici le moteur turbo diesel 12 soupapes. Puissant, silencieux et propre. Désormais, on ne parlera plus du diesel comme avant.

Les 3 soupapes par cylindre du turbo D 12 permettent une optimisation de l'admission d'air, donc un rendement

plus élevé. Ce moteur développe une puissance de 110 ch DIN (80 kW CEE), 0 à 100 km/h en 11,1 secondes avec une consommation record de 4,91 à 90 km/h, 6,51 à 120 km/h et 8,51 en parcours urbain. Silence de fonctionnement (commande des soupapes à rat-trapage de jeu hydraulique).

Mariage du calme et de l'espace, harmonie de la puissance et de la fiabilité, la nouvelle XM turbo diesel 12 soupapes maîtrise la route avec raffinement : direction assistée avec volant réglable en hauteur et en profondeur, suspension hydractive, sièges avant réglables électriquement (garnissage cuir en option), freinage haute pression, avec ABS, sur la finition "Ambiance". Modèle présenté : XM turbo D 12, finition "Ambiance". Relations clientèle 05.05.24.24 (appel gratuit) ou minitel 3615 Citroën.



X M TURBO DIESEL 12 SOUPAPES  
CITROËN. LA ROUTE MAÎTRISÉE.



# LE SOMMET

PHOTO NICOLI / ERNOULT FEATURES

G 3306

© PUBLICIS



**V**oici donc le nouveau monstre de Minolta. Dynax 8000i. Une autre conception de l'appareil photo pour de nouvelles émotions photographiques. Le Dynax 8000i, on ne l'essaye pas, on s'essaye avec. Et un jour où l'autre, si vous êtes un passionné, il faudra bien que vous fassiez le grand saut. En attendant, nous aimerions attirer votre attention sur quelques détails techniques. Libre à vous de les oublier ensuite en appuyant sur la touche programme. D'abord deux chiffres. 1/8000 pour la vitesse et 1/200s de synchro flash. Ceci pour vous situer le niveau. Mais l'important c'est

que le Dynax 8000i est unique. Il suffit, pour vous en convaincre, de rappeler quelques principes du fameux système Dynax.

La mise au point par plage ultra-large. Que le sujet soit statique ou mobile, l'autofocus contrôle sa netteté en continu par anticipation du mouvement. La précision du mouvement est étonnante même pour les sujets décentrés, grâce à 3 rangées de capteurs. Autre innovation Dynax, l'exposition à plages multiples en interaction avec l'autofocus. Système particulièrement performant pour les prises de vue à contre-jour. Et tout ceci automatiquement, jusqu'à 3 images seconde!

# LE SUMMUM



## NOUVEAU DYNAX 8000i

Quant aux nouvelles possibilités du 8000i, elles combleront sur-

tout l'amateur averti. En premier lieu, trois systèmes d'exposition s'ajoutent aux modes programme, priorité vitesse, priorité diaphragme et mode semi-automatique / manuel. Ajoutez à cela la possibilité de surimpression, la mise en action volontaire d'un flash, l'illuminateur AF intégré portant jusqu'à 9 m,



le codage DX mémo-  
risable. Un détail qui  
compte, le viseur HP

particulièrement apprécié par les porteurs de lunettes. Et, très attendues, les nouvelles cartes logicielles créatives. Braketing, surimpression, multisports... Car le Dynax 8000i ne se contente pas d'être une bête à records. C'est aussi un artiste. Un artiste de haut vol.

**ON N'A JAMAIS FAIT DES PHOTOS COMME ÇA.**

# FORUM

## Débat autour de l'Airbus A 320

*L'article "Les crises de nerfs de l'A 320" publié dans notre numéro 871 semble avoir suscité un peu d'énerverment de la part des dirigeants d'Airbus Industrie. Faisant un amalgame entre les accusations des autorités indiennes à la suite de l'accident de Bangalore, les critiques des syndicats de pilotes et notre enquête, Airbus a réagi sans nuance.*

*Les sommets ont été atteints le 28 mars lorsque Bernard Ziegler, directeur technique d'Airbus Industrie, a déclaré devant la presse nationale et internationale que l'article de Science & Vie était « un tissu de conneries ». De plus, il a insinué que l'auteur de l'article était le porte-parole des syndicats de pilotes de ligne et affirmé qu'il n'avait consulté aucun expert pour mener son enquête, qui, de ce fait, était « sans fondement ». Enfin, il a refusé de se confronter à Science & Vie sur le plateau de La Cinq, comme notre confrère Jean-Claude*

*Bourret le lui a proposé avec insistance pendant une semaine. Plus étrange encore : aucune protestation directe ne parvenait à Science & Vie !*

*Le 4 avril, nous avons donc demandé au service de presse d'Airbus de s'expliquer. Après deux longues conversations téléphoniques avec l'attaché de presse, qui disait d'abord Bernard Ziegler à Washington, nous avons tout de même obtenu une réponse verbale, puis écrite de celui-ci. Nous notons avec surprise que le directeur technique d'Airbus Industrie invoque le droit de réponse dans ce texte tardif, alors que ce droit de réponse, c'est nous qui n'avons cessé de le réclamer, en vain, auprès de l'Agence France-Presse en particulier, après les insultes et les insinuations dont M. Ziegler a largement gratifié notre publication.*

*Précisons que nous n'avons pas cherché à dénigrer systématiquement l'A 320. Notre article s'est contenté de relater, documents à l'appui, les difficultés de mise en ligne de cet avion au sein de la flotte de la compagnie de lancement notamment. Nos lecteurs constateront que les remarques formulées ici par Bernard Ziegler ne parviennent pas à écarter, la plupart du temps, les questions soulevées par cette enquête.*

# Objections de Bernard Ziegler, directeur technique d'Airbus Industrie

**1** L'article de Bertrand Bonneau, "Les crises de nerfs de l'A 320" (n° 871 - avril 1990) comporte un grand nombre d'erreurs, des demi-vérités qui placées hors de leur contexte deviennent des contre-vérités, enfin des accusations ou insinuations aussi gratuites que graves sur le comportement du constructeur que nous sommes.

**2** Si nous, le constructeur, avions été consulté avant de publier un article sur un sujet aussi grave que la sécurité des vols, nous aurions volontiers fourni toutes les réponses aux questions que vous soulevez et qui s'inspirent pour la plus grande part d'un rapport d'une compagnie qui date d'il y a plus de neuf mois. Ceci n'a pas été fait.

**3** Nous invoquons donc notre droit de réponse et vous demandons de publier les précisions qui suivent concernant les éléments qui nous paraissent les plus marquants dans l'article en question.

## "L'incident" Chirac

**4** Il n'y a pas eu de déclenchement intempestif d'alarmes mais la panne bien réelle d'un transfo-redresseur (équipement classique s'il en fut) au sol, avant même la mise en route. L'avion en comporte trois, un seul suffit à la sécurité des vols. Cet incident a provoqué un léger retard certes regrettable lors d'un tel vol.

## Amsterdam

**5** Il s'agit effectivement de fausses alarmes induites par une panne intermittente d'un composant, incontestablement inquiétante pour l'équipage, mais sans aucune conséquence possible sur la poursuite du vol en toute sécurité. Il est tout à fait faux de prétendre qu'il a fallu neuf mois pour attendre qu'une nouvelle version du calculateur d'alarme soit mise à la disposition des utilisateurs : le problème s'est présenté le 25 août 88 ; le 21 décembre 88, quatre mois après, la modification était certifiée et son application à la flotte en service commençait. Vous pouvez aisément vérifier que c'est un record absolu de rapidité.

# Réponses de *Science & Vie*

**1** Nos lecteurs auront vu que l'article incriminé ne contient pas d'insinuations mais de franches informations basées sur des documents incontestables (et incontestés), dont les références sont chaque fois indiquées noir sur blanc. Parmi ceux-ci, le rapport de la première année d'exploitation de l'A 320 au sein de la flotte d'Air France, rédigé par le sous-directeur technique de la Division des opérations de la compagnie nationale, le rapport de la Commission d'enquête sur l'accident d'Habsheim, et enfin des mémos et rapports d'incidents d'Air France et les OEB émis par Airbus.

**2** Le fait que ce rapport date de l'été dernier ne justifie pas qu'il soit considéré comme non valable. Tout d'abord, les mémos-accidents n° 627, 630, 631, 633, 634, 636, 644, 645 et 652, émis par Air France en janvier et février, lui permettent de conserver une certaine actualité. Ensuite, la thèse soutenue par notre article était précisément que l'A 320 avait été mis en exploitation avant que sa mise au point ait été totalement achevée. D'autre part, un journaliste et un journal indépendants n'ont pas à demander l'"imprimatur" à un industriel, lorsque leur enquête se fonde sur des documents incontestables.

**4** M. Ziegler a raison sur le type de panne, comme en témoigne le rapport d'incident n° 24.01 émis par la Direction du matériel d'Air France, trois jours après le "vol Chirac", la panne d'un seul des trois transfo-redresseurs au cours de ce vol a provoqué plusieurs pannes en vol (et pas seulement au sol).

**5** On ne peut pas dire que la panne est inquiétante pour l'équipage et ajouter qu'elle est « sans aucune conséquence possible sur la poursuite du vol en toute sécurité ». Au stress bien naturel de l'équipage dans une telle situation (voir *Science & Vie* n° 871, page 96), s'ajoute un surcroît de charge de travail occasionné par la multiplicité des alarmes. L'envoi d'un message de détresse est là pour le confirmer. De plus, il ne s'agissait pas seulement de fausses alarmes puisque le train est sorti en procédure de secours et le rapport d'incident n° 32.08 de la Direction du matériel d'Air France fait état du remplacement de plusieurs calculateurs de l'avion concerné. Par ailleurs, le rapport du sous-directeur technique de la Division des opérations d'Air France (page 14), ne correspond pas aux explications de M. Ziegler. Ce rapport précise qu'"un lancement exceptionnel d'une nouvelle version du calculateur d'alarme, après neuf mois d'exploitation, a normalisé la situation". Messieurs, mettez-vous d'accord.

**6** Bernard Ziegler a raison. Le contraire n'a d'ailleurs jamais été écrit dans l'article. Faute de références précises (date, compagnie, conditions, type d'avion, documents de référence), la démonstration tentée à la fin de ce paragraphe n'est pas très convaincante.

**7** Si cette procédure est considérée comme simple, elle intervenait dans des phases de vol (approche initiale ou intermédiaire) où les charges de travail sont déjà suffisamment importantes. Il convient de noter que, contrairement à ce que pourrait laisser croire l'explication donnée, les vérifications systématiques ne se faisaient pas seulement lors du passage d'un pilote automatique à l'autre, mais à chaque fois que le pilotage automatique était débrayé.

**8** Il est écrit dans l'article (*Science & Vie* n° 871, page 96) que les OEB ont pour objet de compléter le manuel d'utilisation (FCOM) en ajoutant des informations qui ne s'y trouvent pas. Il aurait fallu sans doute préciser "dans le manuel d'utilisation d'origine" pour éviter ce malentendu. Il convient de noter que les équipages qui utilisent un manuel de vol de leur compagnie et non le FCOM, ne sont pas destinataires des OEB. Leur communication aux équipages relève de la direction des opérations des compagnies.

**9** M. Ziegler joue ici sur les mots. L'expression "remise des gaz automatique" rigoureusement définie, correspond à la "mise automatiquement en poussée du décollage". Il est vrai que ce cas se produit normalement lorsque la vitesse est trop faible. Dans une rédaction aussi stricte que celle du **mémo-incident n° 452** d'Air France qui ne s'accorde pas toujours avec un article de vulgarisation, il aurait fallu écrire : l'auto-poussée (A/THR) a affiché la poussée de montée pour rejoindre l'altitude (supérieure) qui s'était affichée (voir *Science & Vie* n° 871 pages 98 et 99). Cette nuance de M. Ziegler ne change pas le résultat : une montée en puissance des moteurs commandée par les systèmes de l'avion, qui provoque la mise en survitesse dans ce cas précis. Pour ce qui est de ce garde-fou, il convient de rappeler que l'**OEB 51/1** "Déconnexion de l'auto-poussée à la détection de l'Alpha floor", émis en avril 1989, faisait état de son dysfonctionnement dans certaines conditions extrêmes.

**10** Le rapport du sous-directeur de la Division des opérations d'Air France (page 14) est en contradiction avec M. Ziegler sur ce point puisqu'on peut y lire que ce problème « a cessé avant que l'on ait pu formellement identifier l'origine de cette anomalie ». Une fois encore, mettez-vous d'accord, Messieurs.

**11** Cet article, encore une fois, n'insinue rien du tout puisqu'il précise même que le rapport sur l'accident d'Habsheim a écarté l'éventualité d'une modification intempestive du calage altimétrique (voir *Science & Vie* n° 871 page 98).

**6** De plus il aurait fallu souligner que les alarmes intempestives n'ont rien à voir avec les nouvelles technologies. Ce genre de problème existe depuis que les alarmes existent, c'est-à-dire un peu plus de cinquante ans. Ensuite il aurait fallu mentionner qu'il vaut mieux une fausse alarme qu'une absence d'alarme sur un vrai problème, ce qui a conduit sur un tout nouvel avion, pas un Airbus, à une double extinction moteur.

### Calage altimétrique

**7** Il s'agit d'un problème sérieux dû à des micro-coupures lorsque l'équipage passait d'un pilote automatique à l'autre. Vous auriez cependant dû signaler que la procédure préventive, émise moins de 8 jours après que nous ait été communiqué l'incident, est remarquablement simple puisqu'il suffisait de vérifier le calage altimétrique chaque fois que l'on changeait de pilote automatique. Bien entendu, un vol entier peut être effectué avec le même pilote automatique.

**8** Au sujet des consignes de vol provisoires (OEB), contrairement à ce qui est dit dans votre article, elles figurent dans le FCOM volume III, chapitre 7.

**9** Il est complètement faux de prétendre que cette anomalie ait pu provoquer les remises de gaz automatiques : ces remises de gaz automatiques ne sont déclenchées que lorsque la vitesse devient dangereusement trop basse, à la suite d'un oubli du pilote, ce qui n'a rien à voir avec le calage altimétrique. Il s'agit au sens propre du terme d'un garde-fou.

**10** Il est également faux de prétendre que cette anomalie ait pu cesser sans que personne ait pu en identifier la cause. Elle a été corrigée par la modification 20 945 appliquée, bien sûr, à ce jour, sur tous les avions en service.

**11** Il est enfin inacceptable d'insinuer qu'une telle anomalie ait pu se manifester lors du vol d'Habsheim ; pour qu'elle se manifeste, il aurait fallu que quatre conditions soient remplies et il a été établi qu'aucune des quatre n'était remplie. Pour n'en citer qu'une : il aurait fallu que le pilote automatique soit utilisé, ce qui ne fut à aucun moment le cas.

## FADEC et contrôleur de température cabine

**12** Votre exposé des faits est erroné : le contrôleur de température a besoin de 30 secondes pour se mettre en route. Pendant ces 30 secondes le FADEC ne dispose pas d'informations, et pour cause, sur les prélevements d'air nécessaires au contrôle de la température cabine. Ces calculateurs, comme bien d'autres, ne doivent donc pas être réinitialisés en vol pour éviter 30 secondes d'alarmes transitoires.

**12** M. Ziegler a raison, car les équipages avaient tendance à vouloir réinitialiser les calculateurs en vol pour traiter les alarmes qui se manifestaient. Or ces réinitialisations ne devaient pas être faites en vol. Mais ce non-respect des procédures par les pilotes **n'exclut pas l'existence de l'interférence**, pour le moins surprenante, entre le FADEC et le système de contrôle de la température de la cabine dont il est question dans l'article.

## Défaut d'accélération du moteur

**13** Ce défaut, d'ailleurs identifié lors d'essais constructeur, n'apparaissait que lors d'accélération à grande vitesse (>250 kts soit 450 km/h), il était impossible dans le cas d'Habsheim (117 kts). Par ailleurs, sa cause (tout à fait mécanique) était parfaitement identifiée et tous les moteurs nouvellement livrés (cas de l'avion d'Habsheim) réglés en conséquence. Bien entendu, cela a pris quelques semaines pour que tous les moteurs soient re-réglés puis modifiés, ce qui s'est donc fait pour certains après l'accident d'Habsheim.

**13** Il s'agit d'une demi-vérité car ce problème s'est manifesté aussi en exploitation (**Rapport incident A 320 n° 73.04** émis par la Direction du matériel d'Air France le 3 août 88). De plus **l'OEB 19/1** ne faisait que des hypothèses sur les causes de ce défaut d'accélération. Enfin, Air Inter, par la **note d'instruction technique n° 15/88 NY** datée du 28 juin 1988, avertit les équipages A 320 de la compagnie intérieure des défauts d'accélération des moteurs à basse altitude.

## Enregistrement des paramètres

**14** L'utilisation des techniques modernes a permis de doubler en 15 ans le nombre de paramètres enregistrés, ce qui permet de nombreuses vérifications croisées et tests de validité. Contrairement à ce que vous assurez, nous pouvons aujourd'hui, et pas seulement sur l'A 320, atteindre un beaucoup plus grand degré de certitude sur la conformité des informations données au pilote avec les informations systèmes qu'avec les anciennes technologies : il est en effet difficile d'enregistrer la position d'une aiguille sur un cadran, il est possible, et c'est ce qui est fait, d'enregistrer à la fois l'entrée électrique d'un calculateur, sa sortie, et le signal de validité du calcul. Bien entendu, tout n'est pas enregistré, c'est physiquement impossible, le choix des paramètres enregistrés est fait par les autorités de certification.

**14** Il est vrai qu'il est difficile d'enregistrer la position d'une aiguille sur un cadran. Cependant, pour les accidents d'avion, comme pour les accidents de la route d'ailleurs, les cadrants sont souvent dans un état suffisamment correct sur l'épave pour livrer quelques informations utiles lors de l'enquête. De plus, le **document "DFDR Data Frame"** (cadre d'enregistrement des paramètres) émis par Airbus Industrie (Fairchild étant le constructeur de la "boîte noire paramètres" de l'A 320) montre clairement que la grande majorité des enregistrements sont faits à un échelon intermédiaire, comme cela est expliqué dans l'article (*Science & Vie* n° 871, page 98, "L'enregistrement des paramètres").

**15** Pour les paramètres critiques pour la conduite du vol, l'enregistreur d'accident "sait" ce qui est présenté aux pilotes, bien qu'il n'y ait pas effectivement d'enregistrement à la sortie du générateur de symboles. Dans la technologie numérique, des contrôles en feedback peuvent être effectués sans nécessité d'un piquage sur câble.

**15** Comment M. Ziegler peut-il écrire que la "boîte noire paramètres" sait ce qui est présenté aux pilotes et ajouter qu'il n'y a pas d'enregistrement à la sortie du générateur de symbole des écrans du cockpit ?

**16 et 17** Le constructeur est le seul à pouvoir vérifier cette explication technique puisque le fonctionnement des logiciels des systèmes, couvert par le secret industriel, est ici invoqué. Il a donc raison. Cependant, on peut se demander pourquoi un paramètre critique comme la hauteur altimétrique peut être retranscrit de façon erronée sur les écrans alors que la mesure à la source est correcte (voir *Science & Vie* n° 871, pages 98 et 99). Cette explication de Bernard Ziegler semble contredire les faits établis par le **mémo incident n° 452** d'Air France (juillet 1988).

**18** Remarque sans objet : notre article ne fait pas état de problèmes d'enregistrement de paramètres à Habsheim. Par ailleurs, il convient de préciser qu'un enregistrement vidéo extérieur permet seulement de vérifier une hauteur altimétrique mais pas une hauteur barométrique.

**19** Loin de nous l'idée de nier que les progrès de la sécurité des vols sont réels et spectaculaires. Cela n'exclut pas toutefois les difficultés rencontrées par les certificateurs. Le *Federal Register*, équivalent américain de notre *Journal officiel*, daté du 27 juin 1989, fait état des problèmes posés à la FAA (Federal Aviation Administration) par la certification de l'A 320, qui fait appel à de nouvelles technologies. Ces problèmes ont été résolus à la suite de nombreuses discussions entre les services officiels américains, Airbus et la DGAC.

**20** La chronologie de l'installation des systèmes informatiques sur les Airbus est évoquée dans la légende des photos pages 96 et 97 intitulée "Les bonds technologiques des Airbus". En revanche, contrairement aux rares avions civils qui font appel aux commandes électriques, il convient de souligner que l'A 320 n'a pas de secours mécanique à la fois sur la commande d'aileron et sur la commande de profondeur. Le seul secours mécanique prévu sur l'A 320 est la commande de compensateur du plan fixe horizontal réglable de l'empennage.

**16** Les tracés des paramètres critiques sont retournés au générateur de symboles par une liaison spécialisée "Très Haute Vitesse" qui permet à celui-ci de vérifier que les tracés ont été convenablement effectués. En cas d'anomalie, les pilotes et les enregistreurs sont informés.

**17** Dans les cas que vous citez, il est totalement erroné de prétendre que le fonctionnement correct ou incorrect des commandes de vol aurait été ignoré : la position des gouvernes, les ordres du pilote, les valeurs d'accélération, de vitesse, d'altitude, d'incidence, toutes enregistrées auraient permis, et ont de fait permis, de vérifier la validité des ordres donnés par les calculateurs. En revanche, il est exact que d'une façon générale les affichages pilotes, tels que le calage altimétrique, ne sont pas enregistrés par le DFDR, car ils sont normalement lus à haute voix par l'équipage, et donc enregistrés sur le magnétophone du cockpit. De plus, le fonctionnement de sous-systèmes permet très généralement de restituer ces valeurs.

**18** C'est ainsi que dans le cas d'Habsheim l'annonce par les pilotes du calage altimétrique affiché, puis le recouplement de l'annonce par le copilote du franchissement d'une altitude avec l'altitude pression et l'altitude radioaltimétrique enregistrées ont permis de confirmer que le calage altimétrique lu par le système était bien celui précédemment annoncé par les pilotes. Il faut ajouter que dans le cas d'Habsheim nous disposons de plusieurs enregistrements extérieurs (caméra vidéo), dont l'examen confirme parfaitement tous les enregistrements intérieurs.

#### Conditions de certification

**19** Le taux d'accidents d'avions a été divisé par 100 en 20 ans. C'est dire que soit votre affirmation sur la difficulté croissante de la tâche des certificateurs est dénuée de fondements, soit qu'ils ont su se doter au fur et à mesure des outils nécessaires.

**20** L'installation d'un système informatique interactif a bord des avions civils ne date pas de l'A 320. Faut-il rappeler que le Concorde est équipé d'un système de commandes de vol électronique depuis 22 ans sur les 3 axes. L'A 320 ne l'a que sur 2 axes. Le grand bond électronique et informatique s'est produit il y a 7 ans avec l'introduction du Flight Management Computer et des tubes cathodiques sur la génération précédente d'avions (A 310, Boeing 767 et 757). Ces avions ont autant d'écrans (6), pas un de moins que l'A 320.

**21 à 25** Ces textes existent. Ce qui est en cause dans notre article, c'est l'appréciation générale des critères de certification. En d'autres termes, n'est-il pas opportun de créer un système de certification global mieux adapté aux avions dotés aussi massivement de systèmes informatiques interactifs ? Cette question est motivée par les interactions découvertes en exploitation, malgré l'agrément donné aux équipements par le certificateur. Pour l'heure, il semble que les deux textes auxquels il est fait référence régissent surtout la certification individuelle des systèmes, car ils n'ont pas permis d'éviter de nombreuses interactions entre différents systèmes.

**21** Les normes de certification pour ces systèmes électroniques existent depuis longtemps : les normes utilisées sur le plan international pour la certification des équipements et systèmes digitaux sont contenues dans les documents RTCA/ EUROCAE DO 178/ED 12.

- Le DO 178 a été publié en janvier 1982
- Le DO 178 A a été publié en mars 1985 et a été utilisé comme base de certification de l'A 320.

**22** Ce document de référence a été établi en coordination entre les Autorités de Certification (DGAC, FAA, CAA....), les constructeurs aéronautiques, les équipementiers, les organisations internationales concernées (ex : ATA, ALPA, ARINC...), et les compagnies aériennes (British Airways, Lufthansa, United Airlines, TWA...) et autres organismes.

**23** Le DO 178 A/ED1 2A est un moyen de conformité agréé pour répondre au règlement européen de certification JAR 25 paragraphe 1309 et assurer le niveau de qualité des logiciels implantés dans les équipements digitaux.

**24** Ce document définit les procédures applicables pour le développement, la vérification et la validation des logiciels embarqués dans le contexte de la certification globale de l'avion. Son application rigoureuse aboutit à un développement et une gestion méthodiques des logiciels, dont les études de développement, le codage, les essais et les résultats sont systématiquement compilés dans des documents de référence requis pour la certification. Ceci permet d'obtenir des logiciels identifiables, dont les essais et la maintenance sont facilités.

**25** Ces normes sont appliquées avec rigueur depuis des années et l'A 320 n'y a pas échappé.



**26** Il est difficile de discerner ce qu'il y a de « factuellement absurde » dans les remarques de cet article sur le secret industriel couvrant les logiciels. En effet, M. Ziegler confirme dans son commentaire qu'il y a un secret industriel et que les certificateurs ont des dossiers justificatifs, de résultats, etc., mais n'indique pas si les services officiels possèdent un dossier sur la conception des logiciels concernés.

**26** Vos remarques sur le secret industriel sont factuellement absurdes : tous les dessins hardware et software sont bien évidemment protégés par le secret industriel, mais tous sont intégralement mis à la disposition des organismes de certification avec tous les dossiers justificatifs, résultats d'essais, résultats de calculs, expertises. Il n'y a pas une modification de hard ou de soft qui puisse être autorisée de vol sans que nous soyons tenus de fournir l'ensemble du dossier. Bien entendu nous ne tenons pas à ce que ces dossiers soient fournis à nos concurrents, mais nous nous honorons, et toute la profession avec nous, de n'avoir jamais refusé à un concurrent une information nécessaire à la sécurité de ses propres avions.

**27** L'article n'a jamais dit le contraire.

**27** Pour éviter toute confusion, il faut ajouter qu'il n'est pas permis à un utilisateur de modifier un système essentiel de l'avion et que les certificateurs s'assurent qu'il en est bien ainsi, ceci s'applique bien entendu aux logiciels essentiels.

**28** La nature de certains incidents survenus après la certification peuvent pourtant le laisser penser. L'objet des OEB 06/2 (mai 88), 33/1 (août 1988) et 62/1 (juillet 89), cités dans l'article, renforce cette impression. De plus, le texte publié au *Federal Register* du 27 janvier 1989 observe que l'avance technologique des équipements de l'A 320 exige une adaptation des normes de certification qui ne sont pas totalement adéquates aux avions de cette technologie. C'est d'ailleurs l'une des questions majeures soulevées par cet article.

**28** Peut-être faut-il rappeler que l'A 320 a été certifié conjointement par quatre Autorités de Certification européennes (la CAA britannique, la DGAC française, la RLD néerlandaise et le LBA allemand) et neuf mois plus tard par la FAA américaine ; peut-on vraiment croire que l'ensemble de ces autorités auraient été pris au dépourvu ?

**29** Le titre de la légende de la photo de la p. 95 peut être jugé comme excessif. Il reste que, par exemple, le défaut de conception qui affectait le calculateur d'alarme (FWC) a eu quelques répercussions au moins indirectes sur la sécurité du vol d'Amsterdam. Il est vrai que les situations où la sécurité a été directement mise en cause sont rares en raison de l'extrême vigilance et du sérieux des personnels des compagnies de lancement.

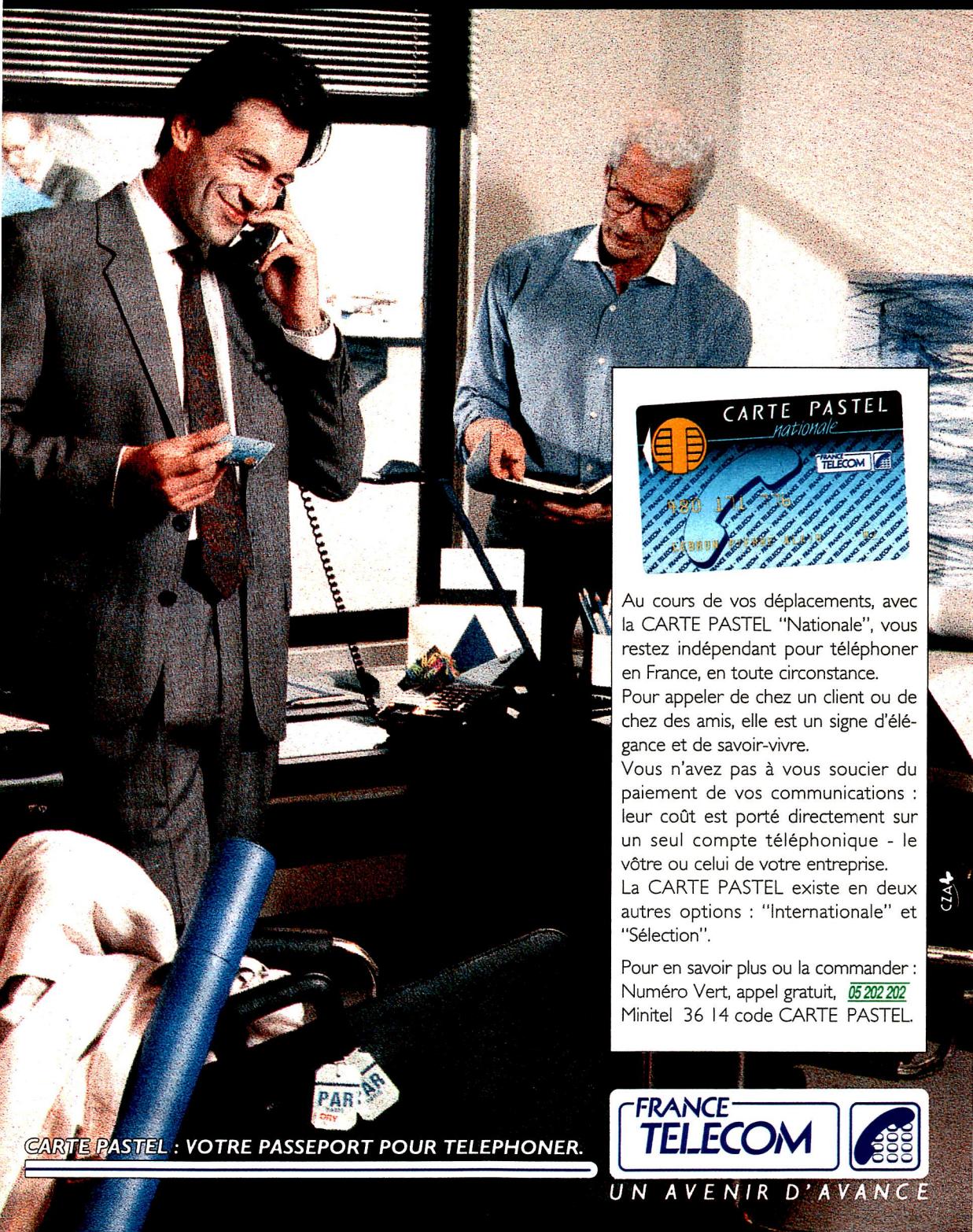
**29** En titrant "Au client d'achever les essais" vous créez une confusion grave dans l'esprit du public. Les essais de mise au point puis de certification sont destinés en toute priorité à interdire la mise en service d'un avion non sûr. Cela ne veut pas dire que l'avion n'aura pas de pannes, cela veut dire que dans la limite du savoir faire et de la compréhension humaine, il n'aura pas de panne ou d'accumulation de pannes susceptibles de mettre directement ou indirectement en jeu la sécurité du passager. Le certificateur et, faut-il l'ajouter, le constructeur soucieux de sa réputation vont plus loin et exigent que la mise en service ne se fasse que lorsque la fiabilité générale a atteint un niveau raisonnable. Il faudra ensuite des années à un avion pour atteindre sa maturité et encore ne l'atteindra-t-il que chez des utilisateurs qui s'en donnent les moyens.

**30 et 31** Nos chiffres sont extraits du rapport du sous-directeur technique de la Division des opérations d'Air France. *Science & Vie* laisse à M. Ziegler la responsabilité de ses appréciations sur « les problèmes spécifiques de chaque utilisateur ».

**30** Quant aux statistiques que vous citez, elles sont partielles et hors de toutes références : voici les chiffres de l'A 320. Ils portent sur l'ensemble de la flotte donc toutes compagnies confondues, éliminant ainsi les problèmes spécifiques à l'un ou à l'autre utilisateur.

**31** Disponibilité opérationnelle, c'est-à-dire capacité de partir dans le quart d'heure prévu : 96,5 % à la mise en service (mai 88), 98 % aujourd'hui.

# **Vousappelez de chez un client. Jouez la carte de l'indépendance.**



**CARTE PASTEL : VOTRE PASSEPORT POUR TELEPHONER.**

Au cours de vos déplacements, avec la CARTE PASTEL "Nationale", vous restez indépendant pour téléphoner en France, en toute circonstance.

Pour appeler de chez un client ou de chez des amis, elle est un signe d'élégance et de savoir-vivre.

Vous n'avez pas à vous soucier du paiement de vos communications : leur coût est porté directement sur un seul compte téléphonique - le vôtre ou celui de votre entreprise.

La CARTE PASTEL existe en deux autres options : "Internationale" et "Sélection".

Pour en savoir plus ou la commander :  
Numéro Vert, appel gratuit, **05 202 202**  
Minitel 36 14 code CARTE PASTEL.

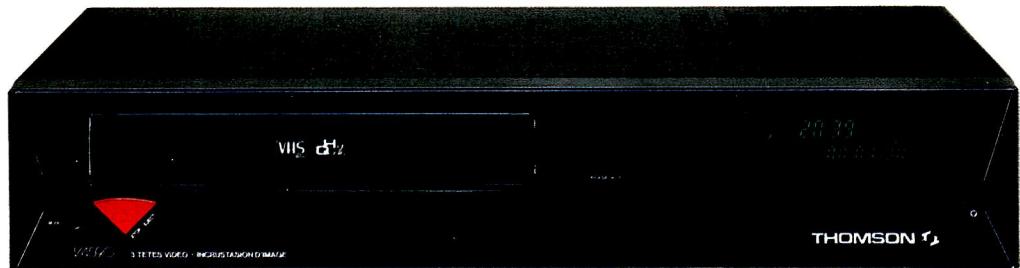
**FRANCE TELECOM**

UN AVENIR D'AVANCE



Photo ERICOU

Ce magnétoscope  
Thomson vous permet  
de voir cinq images  
en même temps  
sur votre téléviseur.



# V

Vous êtes satisfait de votre téléviseur, et pourtant... Pourtant, vous rêvez d'avoir toutes les dernières innovations technologiques concernant l'image. Ne rêvez plus.

## Le magnétoscope **PIP**

**THOMSON V 4590** va vous faire voir votre téléviseur d'un œil neuf. Il permet, en effet avec n'importe quel téléviseur relié par cordon péritel, d'obtenir le système **PIP** : l'incrustation d'images dans l'image (jusqu'à cinq chaînes visualisées en même temps).

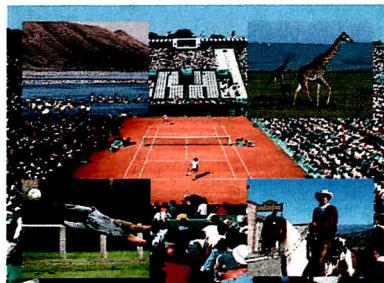
Un exemple : vous regardez la TV; d'une simple pression sur la télécommande vous pouvez incruster sur un coin de l'écran une autre chaîne reçue à travers le magnétoscope. Ainsi en regardant un programme, vous pouvez d'un geste suivre ce qui se passe sur les autres chaînes.



Vous pouvez déplacer la fenêtre dans l'un des 4 coins de l'écran.

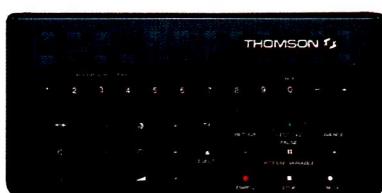
Vous pouvez également échanger l'image de la fenêtre avec celle du plein écran.

Vous pouvez enfin incruster 4 images à la fois et balayer ainsi toutes les chaînes reçues par le magnétoscope.



Naturellement, le magnétoscope **PIP THOMSON V4590** possède tous les perfectionnements que l'on est en droit d'attendre d'un **THOMSON** :

- VHS-SECAM;
- 3 TÊTES VIDÉO permettant un ralenti et un arrêt sur image d'une netteté absolue;
- 48 canaux mémorisables;
- 8 programmations sur 1 an;
- Réglage de phase automatique;
- 2 prises péritel;
- Compatible CANAL +;
- Aide à la programmation avec affichage sur l'écran TV;



- Télécommande toutes fonctions...

Ainsi, le dernier-né des magnétoscopes **THOMSON**, fera de vous un téléspectateur d'avant-garde.

**32 et 33** Observations sans objet puisqu'aucune comparaison de ce type (taux de substitution, demi-tour, rapports pilote) n'a été faite dans notre article.

**34** Notre article prenait pour référence les RCT à la fin de l'année dernière alors que M. Ziegler parle de documents à jour en avril 90. Il a raison d'écrire que le volume de RCT a diminué au début du second trimestre de cette année. Mais dans le même temps le volume des Procédures conditionnelles provisoires qui sont classées au début du manuel de vol des pilotes d'Air France, a augmenté. Comme les RCT, ces documents sont basés sur les OEB émis par le constructeur... En avril 90, chaque manuel A 320 d'Air France comportait 15 pages de procédures conditionnelles provisoires qui s'ajoutaient aux deux pages de RCT mentionnées par Bernard Ziegler.

**35** Pour ce qui est de British Airways, nous croyons M. Ziegler sur parole, mais des données précises et référencées auraient été, sans aucun doute , plus convaincantes.

**32** A titre de référence, notre flotte de gros porteurs atteint, 16 ans après sa mise en service, 98,6 % et a mis 9 ans à atteindre le chiffre 98 %. Le succès de sa vente illustre pourtant sa compétitivité :

— Taux de substitution : l'avion ne peut pas partir, il faut le remplacer : 13 % en mai 88,2 % aujourd'hui.

**33** Ce taux est considérablement influencé par la taille de la flotte, la disponibilité des rechanges. Il atteint dans le meilleur des cas, pour des avions de plus de 25 ans d'âge et existant à plus de 1 000 exemplaires, 1 %.

— Interruption d'un vol (demi-tour) : 7 pour 10 000 exactement le même taux que pour l'A 300 vieux de 16 ans.

— Rapport pilotes (pour 100 décollages) : 120 à la mise en service, 64 aujourd'hui.

Le taux sur nos gros porteurs est de 48, l'A 320 les aura rattrapés dans 1 an.

**34** Vous mentionnez que les RCT (Rapports Complémentaires Techniques) d'Air France comportaient 4 fois plus de pages pour l'A 320 que pour les autres avions à la fin de l'année dernière. Le dernier que nous avons reçu avait ramené ce taux à deux, ce qui est beaucoup, mais encore faut-il mentionner que l'A 320 est le seul avion nouveau de la flotte d'Air France. Sur le rapport mensuel équivalent de British Airways, le 757 mis en service un an avant l'A 320 comporte 3 fois plus de pages que l'A 320.

**35** Loin de nous de vouloir prétendre que tout est fait. Il reste toujours à faire sur un avion, mais tout compte fait moins sur l'A 320 que sur tous les autres y compris les plus récents, il vous est facile de le vérifier et d'informer ainsi correctement vos lecteurs.

## Accident d'Habsheim : la DGAC répond

Notre enquête sur l'A 320 semble avoir également contrarié le directeur général de l'Aviation civile, qui nous promet une abondante correspondance dans les semaines à venir. Nous reproduisons ci-dessous l'intégralité de la première lettre qu'il a eu l'amabilité de nous faire parvenir.

« Votre revue d'avril 1990 me met personnellement en cause, dans un encart consacré à l'accident d'Habsheim, inséré dans l'article intitulé "Les crises de nerfs de l'A 320". »

» Indépendamment de l'article lui-même qui fera l'objet d'une autre lettre, je souhaite que vous fassiez connaître à vos lecteurs dans votre numéro de mai, la mise au point suivante qu'appelle la lecture de cet encart au sujet des boîtes noires de l'A 320 accidenté :

» Comme il est normal dans de

telles circonstances, je me trouvais le soir du 26 juin 1988, sur les lieux de la catastrophe avec M. Mermaz, alors ministre des Transports.

» Après les déclarations du pilote de l'avion accidenté, mettant en cause les moteurs, il était indispensable de connaître, le plus rapidement possible, le déroulement du vol afin de garantir la sécurité des autres A 320 en service dans d'autres compagnies,

(suite du texte page 22)



**MÉTAL 5 PRÉSERVE  
VOTRE CAPITAL MOTEUR**

**D**émarrages, embouteillages, accélérations... les moteurs d'aujourd'hui sont soumis à rude épreuve. Résultat : malgré des moteurs plus performants et des huiles de plus en plus sophistiquées, les phénomènes d'usure deviennent sensibles. Très vite, puissance et nervosité dérapent ainsi que les consommations.

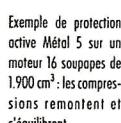
**Des performances préservées :** Métal 5 est le seul traitement remétallisant capable d'enrayer les phénomènes d'usure dus aux conditions modernes de conduite. Issu des technologies les plus actuelles, il assure une parfaite protection des pièces soumises à friction ; le moteur conserve ses conditions idéales de fonctionnement et ses performances d'origine.

**Une longévité assurée :** utilisé régulièrement, Métal 5 prolonge la vie de votre moteur, garde intacte sa puissance et diminue les surconsommations d'huile et de carburant. Les compressions remontent et s'équilibrent : c'est le signe

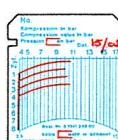
Compatible avec tous les lubrifiants, Métal 5 protège activement tous les moteurs Diesel et essence, avec ou sans plomb. Il convient aussi bien aux moteurs atmosphériques que turbo, avec ou sans pot catalytique.

indiscutable de la bonne santé de votre moteur. Alors, dès 20 000 km, préservez votre capital moteur et gardez intact votre plaisir de conduire.

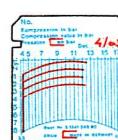
Métal 5 est conseillé par plus de 10.000 professionnels auto et par le réseau Automobiles Peugeot (Concessionnaires et Agents). Pour obtenir des renseignements techniques personnalisés, écrivez ou téléphonez au Centre d'Information Métal 5 : SODITEN S.A. - 105, rue de Billancourt - 92100 BOULOGNE - Tél. : (0)48.25.73.73.



active Métal 5 sur un moteur 16 soupapes de 1.900 cm<sup>3</sup>: les compressions remontent et s'équilibrent.



Etat des  
compressions  
avant  
Métal 5  
à 56 223 km



Etat des compressions avec Métal 5 à 57.140 km.

Adresssez-moi gratuitement le Guide Métal 5 d'entretien des moteurs : 16 pages illustrées, 14 questions d'automobilistes, 14 réponses Métal 5.

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

Ville \_\_\_\_\_ Code postal \_\_\_\_\_  
Type de voiture: \_\_\_\_\_ Kilométrage \_\_\_\_\_

**métal 5®**

#### **LA PROTECTION ACTIVE DES MOTEURS.**



**Un jour le besoin d'**





*espace se fait sentir...*

## RENAULT ESPACE SÉRIE LIMITÉE CUIR

Les premiers symptômes sont très spectaculaires. Ça nous prend sans prévenir. Ensuite, ça ne nous lâche plus. L'irrésistible envie d'avoir un espace à soi. Un espace mobile qui nous emporterait loin. Dedans ce serait chaud, douillet à la perfection. On aurait tout sous la main et on ne manquerait de rien. Plus de secousses, plus de bruits, seulement des sensations. Un contact moelleux, une douceur des formes et le plaisir de voir grand, d'entendre une musique plus pénétrante. On se laisserait envahir par cet espace bienfaisant et on découvrirait le bonheur de le partager avec quelques privilégiés pour des fugues personnalisées. Si c'est exactement ce que vous ressentez, cet espace existe. Renault l'a imaginé et construit, pour votre mieux être. RENAULT ESPACE INTÉRIEUR CUIR CONOLY, CHAÎNE HI-FI 4 x 20 WATTS, SIÈGES AVANT PIVOTANTS... Déjà l'espace est en vous. Garantie anti-corrosion Renault 6 ans. DIAC votre financement.

RENAULT présente eif

ON N'A JAMAIS ÉTÉ AUSSI BIEN  
SUR TERRE QUE DANS L'ESPACE

 RENAULT  
LES VOITURES  
AVIVRE

*et ceci conformément à l'instruction interministérielle du 3 janvier 1953, puisque la Direction générale de l'Aviation civile a la responsabilité de la navigabilité, c'est-à-dire de la sécurité des vols de cet appareil.*

*» C'est dans ces conditions qu'en plein accord avec l'autorité judiciaire compétente, c'est-à-dire le Procureur de la République, j'ai transporté dans l'avion de notre administration les deux enregistreurs (boîtes noires) de l'avion accidenté pour les confier, à mon arrivée à Villacoublay, à M. Davidson, chef du Bureau enquêtes-accidents de l'Inspection générale de l'Aviation civile. En effet, à ce moment-là, aucun juge d'instruction n'avait été désigné et c'est le Procureur de la République, suivant la procédure de flagrant délit, qui avait autorité pour prendre cette décision.*

*» C'est le dépouillement de ces deux boîtes noires durant la nuit du 26 au 27 juin, qui a permis, très vite, de comprendre que l'appareil avait parfaitement fonctionné sur le plan technique et donc de garantir la sécurité des vols de l'A 320.*

*» S'agissant de l'enquête judiciaire, il serait aussi nécessaire de porter à la connaissance de vos lecteurs que le juge d'instruction chargé de l'affaire d'Habsheim a déjà inculpé trois personnes dont le commandant de bord, M. Asseline.*

*» Je voudrais également préciser que, sur plainte du ministre, ainsi que celles de M. Davidson et moi-même, MM Asseline et Jacquet, anciens pilotes d'Air-France, ont été inculpés, en 1989, à Paris, de diffamation publique envers une administration et deux fonctionnaires publics parce qu'ils ont mis en cause, publiquement, dans la presse, l'intégrité du décryptage des boîtes noires par mon administration. »*

**Notre réponse.** Les remarques de M. Daniel Tenenbaum sont très intéressantes, d'autant plus

que son interprétation des textes réglementaires diffère de la nôtre. Nous avons écrit que sa présence sur les lieux de l'accident semble difficilement s'accorder avec l'article 17, alinéa 5 de l'Instruction n°300 IGAC/SA du 3 juin 1957, qui dispose que « le personnel de garde doit interdire l'approche des débris à toute personne, même au propriétaire de l'aéronef ou ses représentants. Seuls ont accès au lieu de l'accident les enquêteurs ou participants accrédités sur justification de leur qualité :

- les agents locaux de l'Aviation civile ;
- les représentants de l'Inspection générale de l'Aviation civile ;
- le Procureur de la République et ses substituts ;
- le juge d'instruction et les officiers de police judiciaire ;
- les experts commis par le juge d'instruction ou désignés par les enquêteurs du Secrétariat d'Etat aux Travaux publics, aux Transports et au Tourisme ».

Ces dispositions limitatives reprennent d'ailleurs largement celles de l'article 7 de l'Instruction interministérielle du 3 janvier 1953, à

laquelle M. Tenenbaum fait allusion dans sa lettre. Ce texte ne semble pas non plus prévoir la présence active du directeur général de l'Aviation civile sur les lieux d'un accident. En revanche, il prévoit la présence, comme enquêteurs techniques, des « agents locaux du secrétariat général de l'Aviation civile » (alinéa 6). L'article 8 de l'instruction du 3 janvier 1953 prévoit, au titre des mesures conservatoires, l'« éloignement de toute personne autre que les informateurs judiciaires ou les enquêteurs techniques ».

Par ailleurs, l'inculpation du commandant de bord d'un avion dans un tel accident n'a rien de surprenant, puisqu'elle lui permet d'accéder au dossier judiciaire concernant une affaire qui l'amènera à répondre de sa responsabilité devant un juge.

Enfin, les observations de M. Tenenbaum sur les plaintes pour diffamation déposées contre deux anciens pilotes d'Air France, sont sans objet dans le cas de notre article et nous aurions aimé savoir ce qui a pu le motiver à les formuler dans cette lettre.

## Notre article n'est pas un réquisitoire

M. Eric Ruffat, qui habite à Ville-neuve de Tolosane, nous accuse de dresser « un réquisitoire contre l'A 320 » dans notre numéro 871 pour « faire peur aux passagers de cet avion, remettre en cause, par du bla-bla (sic) le fleuron de l'industrie aéronautique européenne (...). Il est lamentable de critiquer de la sorte une aussi belle machine sans apparemment connaître le sujet ». La remarque de notre lecteur est significative car elle exclut d'office tout esprit critique, même si cette critique est basée sur des documents publiés par le ministère des Transports ou les services techniques de la première compagnie aérienne européenne. Répondons-lui que l'auteur de l'article en question n'a jamais cherché à dresser un « réquisitoire » contre l'A 320 mais à

poser deux questions : 1) Cet avion a-t-il été mis en service trop tôt ? 2) Les normes et procédures de certification sont-elles véritablement adaptées aux avions de la génération de l'A 320 ? Chaque lecteur est libre d'apprécier l'opportunité de ces deux questions et de choisir sa réponse.

« J'ai travaillé pendant près de deux ans, explique Eric Ruffat, sur cet avion, au secteur "piste" de l'Aerospatiale à Toulouse, comme technicien avionique et je pense donc connaître les systèmes de cet avion un peu mieux que vous. » M. Ruffat prétend « avoir relevé plusieurs erreurs dans (nos) maigres informations ». Il écrit par exemple que le message *Man Pitch Trim Only* n'apparaît « certainement pas sur le PFD », avant d'émettre quelques

(suite du texte page 26)

# AUJOURD'HUI, NOS FRUITS SONT BIEN DÉFENDUS.



E OVATEUR

Chaque jour, les agriculteurs utilisent des produits Agrishell qui protègent et fortifient leurs cultures. Le progrès, c'est beau et c'est aussi très bon.

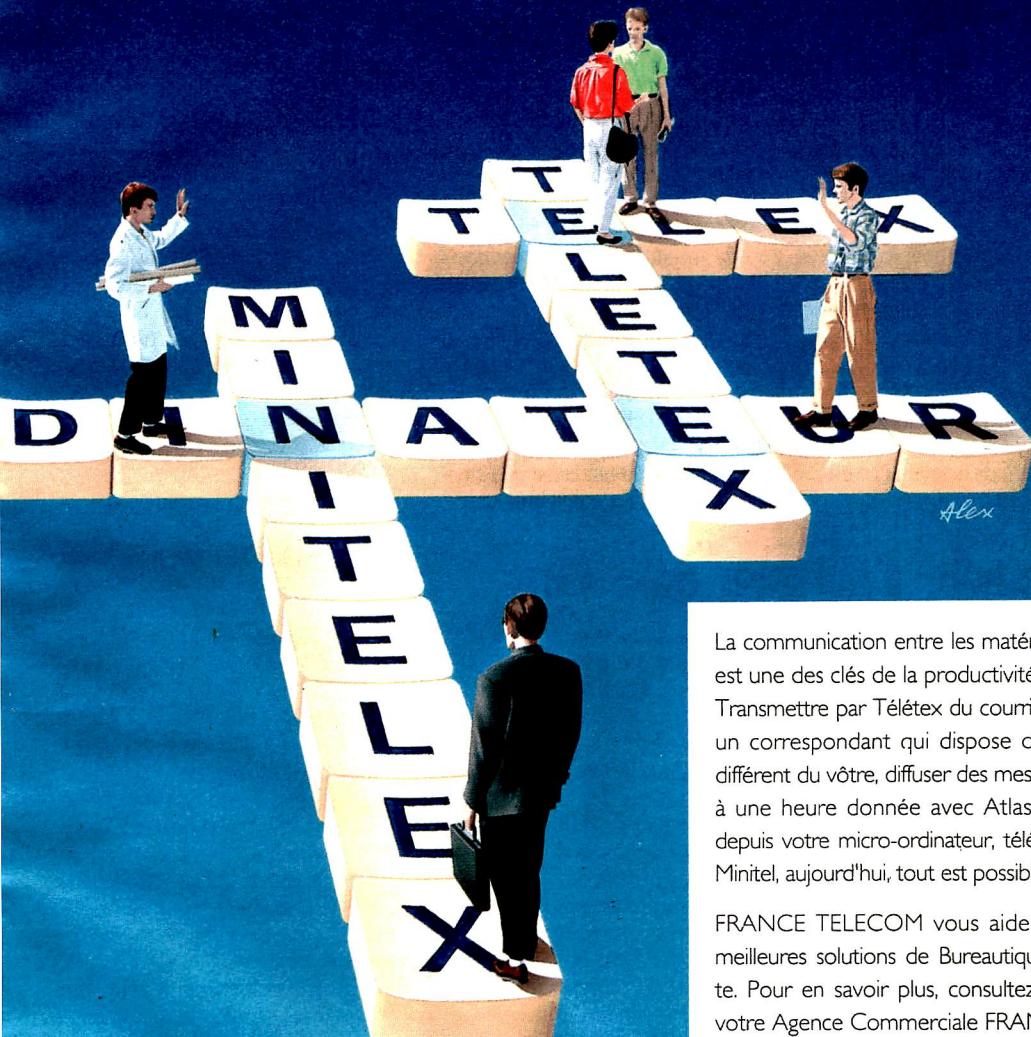
 **Shell Chimie**  
C'EST BEAU, LE PROGRÈS

# *Voici des réponses à vos besoins de*



**NOUS DEVELOPPONS LA BUREAUTIQUE**

# onnes simples communication.



La communication entre les matériels bureautiques est une des clés de la productivité des entreprises. Transmettre par Télétex du courrier électronique à un correspondant qui dispose d'un équipement différent du vôtre, diffuser des messages à vos filiales à une heure donnée avec Atlas 400, télécopier depuis votre micro-ordinateur, télérer depuis votre Minitel, aujourd'hui, tout est possible... ou presque.

FRANCE TELECOM vous aide à découvrir les meilleures solutions de Bureautique Communicante. Pour en savoir plus, consultez dès maintenant votre Agence Commerciale FRANCE TELECOM. Et n'oubliez pas l'annuaire électronique de la Bureautique Communicante 3616 SCRIP.

## COMMUNICANTE

FRANCE  
**TELECOM**



UN AVENIR D'AVANCE

doutes sur les schémas publiés pages 98 et 99 et de poursuivre : « Remise des gaz automatique alors que le pilote est en descente manuelle, je doute ! »

Afin que notre lecteur puisse vérifier la rigueur (qui n'a rien à voir avec l'épaisseur) de nos informations, nous lui avons fait parvenir les copies de quelques documents utilisés pour la rédaction de cet article. Ainsi, le mémo-incident n° 458 de la Direction des opérations d'Air France lui confirmera nos informations. En effet, on peut y lire qu'« au départ de Roissy, à la rotation l'alarme rouge *Man Pitch Trim Only* apparaît sur le PFD ». Le rapport d'incident n° 32.08 (août 88) de la Direction des opérations de la même compagnie porte sous le titre « *Constatations* » également la mention *Man Pitch Trim Only* en rouge sur le PFD. Enfin l'enquête effectuée à la suite de ce vol a confirmé la présence de cette alarme sur le PFD. Quant aux schémas, ils ont été réalisés avec l'aide du manuel d'utilisation de l'A 320.

Pour ce qui est de la remise des gaz en descente, Eric Ruffat n'aura plus de doute après avoir consulté le titre « *Conséquence* » du mémo-incident n° 452 émis le 13 juillet 1988 par la Direction des opérations d'Air France, intitulé « *Modification des affichages au FCU* ». On peut y lire que « l'A/THR (NDLR : l'auto-poussée) affiche la poussée de montée afin de compenser l'écart d'altitude alors que l'avion était en descente manuelle ». Cet incident est expliqué dans notre article, pp. 98 et 99.

*« Je lis depuis longtemps votre revue, ajoute notre lecteur, mais souvent sur des sujets que j'ignore, donc je vous fais confiance. Pour une fois, cet article concerne mon domaine et je suis déçu par vos compétences en la matière. »*

Les documents que nous lui avons expédiés et les explications données ici l'auront sans doute rassuré sur la fiabilité des informations de *Science & Vie*, mais aussi sur le professionnalisme et l'indépendance de ses collaborateurs.

*naissances mécaniques, et les mécaniciens à mieux appréhender les problèmes des pilotes.*

*» La seconde remarque porte sur le fait que l'A 320 est un bon avion. Mais il aurait pu être excellent si les ingénieurs d'Airbus Industrie avaient pris le temps de consulter les pilotes avant la mise en chaîne. Il n'est pas rare d'entendre certains responsables d'Airbus déclarer qu'ils ont fait cet effort. C'est vrai, mais ils ont pris l'avis de pilotes d'essai, qui ne sont jamais confrontés au quotidien de la ligne.*

*» Les organisations professionnelles de pilotes de ligne, notamment la plus importante, le Syndicat national des pilotes de ligne, comprennent en leur sein des commissions d'experts qualifiés pour débattre des problèmes pouvant survenir lors de l'étude, de la définition ou de la certification d'un avion. Ces experts sont régulièrement conviés par des constructeurs tels que Boeing ou McDonnell Douglas, jamais par Airbus Industrie.*

*» Quand un système fonctionne parfaitement, mais qu'il est mal conçu, et s'il y a accident impliquant ce système, où sont les responsabilités ? On ne peut ni invoquer la panne technique (puisque il fonctionne parfaitement), ni l'erreur humaine (puisque il est mal conçu).*

*» C'est sans doute une hypothèse intéressante dans le cas des deux accidents d'A 320 survenus à ce jour, où deux avions neufs et en parfait état, pilotés par des hommes d'expérience, ont néanmoins été détruits.*

*» Pour terminer, je répète que l'A 320 est un bon avion, qui s'améliore jour après jour, grâce aux efforts des pilotes de ligne et de leurs assistants mécaniciens, et que ceux-ci y mettent tout leur amour du métier et leur technicité pour atteindre le but que s'était fixé, au départ, Airbus Industrie, mais sans s'en donner les moyens : en faire un avion extraordinaire. »*

## Un pilote d'Air Inter nous écrit

Un pilote d'Air Inter qualifié sur A 320 nous a adressé la lettre suivante, qui est suffisamment élégante pour ne pas avoir besoin d'être commentée. Bien qu'il ne nous le demande pas (beaucoup d'autres l'ont fait), nous tairons son nom. Trop d'intérêts et trop de passions sont en jeu dans cette affaire pour que les témoins ne risquent pas de souffrir pour leur objectivité.

Remarquons que ce lecteur plait de beaucoup mieux, car avec calme, pour l'A 320 que ne le fait, à notre avis, M. Ziegler.

« Je me permets de vous écrire aujourd'hui au sujet de l'article intitulé « *Les crises de nerfs de l'A 320* », signé Bertrand Bonneau et paru dans le n° 871 de votre revue. Constatant quotidiennement des erreurs parfois importantes dans les articles traitant d'aéronautique, entre

autres, y compris dans les revues spécialisées, je tiens à vous féliciter pour l'acuité remarquable du texte signé par votre collègue. Cela dit, je voudrais ajouter deux remarques à cet article avant que les passagers potentiels ne croient qu'il y aurait un risque à monter à bord de cet avion pas ordinaire.

» La première est pour souligner que les très bons résultats de l'exploitation de cet appareil à Air Inter sont dus, en grande partie, à l'étroite collaboration entre les pilotes et les mécaniciens au sol. Contrairement à ce qui se passe dans d'autres compagnies, où le cloisonnement des services rend ce contact impossible, Air Inter s'est attachée à user de tous les moyens à sa disposition pour faciliter ces contacts. Ce qui a motivé de manière très sensible les pilotes à approfondir leurs con-

# Wilde Cigarillos



100% feuilles de tabac vraiment sauvage





PEUGEOT 405  
LE PLUS BEL INSTRUMENT  
POUR TRACER DES DROITES ET  
DESSINER DES COURBES.

MODÈLE PRÉSENTÉ : 405 MI 16 X4 - AM 90.

LA 405 EST UNE VOITURE BIEN NÉE. SES FORMES LISSES, ACTUELLES ET INTEMPORELLES À LA FOIS, JUSTIFIENT À ELLES SEULES LE SUCCÈS QU'ELLE RENCONTRE.  
A L'INTÉRIEUR RÈGNE LA MÊME HARMONIE QU'À L'EXTÉRIEUR. AU VOLANT, VOUS DÉCOUVREZ L'ÉQUILIBRE PARFAIT ENTRE DOUCEUR ET PRÉCISION, CONFORT ET TENUE DE ROUTE.



PEUGEOT. UN CONSTRUCTEUR SORT SES GRIFFES.



CETTE DÉCOUVERTE, VOUS POUVEZ LA FAIRE AU TRAVERS DE 30 VERSIONS,  
BERLINE ET BREAK, ESSENCE, DIESEL ET DIESEL TURBO; AINSI QU'AVEC LES BERLINES  
À TRANSMISSION INTÉGRALE PERMANENTE DONT LA PRESTIGIEUSE 405 MI 16 "X4".  
A CHACUN SON MOYEN D'EXPRESSION.

**PEUGEOT 405**  
UN TALENT FOU!

Pour bénéficier de nos tarifs "famille", il vous



QUE VOUS SOYEZ ENTRE ÉPOUX OU SEUL, ACCOMPAGNÉ DE VOTRE ENFANT (MOINS DE 25 ANS, ÉTUDIANT : MOINS DE 27 ANS), CHEZ AIR INTER, AIR INTER OU VOTRE AGENT DE VOYAGES.

suffit d'être une famille de plus d'une personne.

ECOM



*M. Gérard Cabréra voyage sans Isabelle (Mme Cabréra)  
pour la première fois. Il emmène Lucie chez ses grands-parents. Isabelle a décidé de repeindre  
l'appartement. Pour la couleur, c'est une surprise.  
Gérard n'aime pas les surprises.*

VOUS BÉNÉFICIEZ DE TARIFS RÉDUITS SUR VOLS BLANCS ET BLEUS. RENSEIGNEMENTS

**AIR INTER**



DÉPOSER UN BREVET, C'EST TOUT BÊTE. N.

*Industriels.*

*Ne pas breveter ses inventions  
représente un énorme avantage,  
surtout pour la concurrence.*



**E PAS LE FAIRE, C'EST BÊTE TOUT COURT.**

# L'UNIVERS ENTRE DEUX BULLES

Toutes les étoiles de l'Univers sont groupées en galaxies, et ces galaxies à leur tour sont agencées en amas répartis sur de grandes bulles d'espace. Or, on vient de découvrir un "mur" de galaxies qui serait l'intersection de ces bulles — comme sur les bulles de savon photographiées ici.

**A**lbert Einstein se plaisait à dire que les physiciens se cognaient longtemps la tête contre un mur avant de prendre conscience qu'il y a effectivement un mur. On pourrait à bon droit, et sans aucune connotation péjorative, reprendre cette métaphore pour l'appliquer aux astrophysiciens Margaret Geller et John Huchra, puisqu'ils viennent de découvrir que la carte de l'Univers qu'ils établissent depuis plusieurs années cachait un gigantesque "mur" composé de galaxies. La notion de taille astronomique prend ici tout son sens puisque ce "grand mur" fait 500 millions d'années-lumière de longueur, 200 millions de largeur et 15 millions d'épaisseur. Or, une galaxie contenant 100 milliards d'étoiles ne dépasse pas quelques centaines de milliers d'années-lumière, on imagine, peut-être, la dimension de ce mur ! « C'est la plus grande structure jamais observée dans l'Univers », ont-ils clamé. A n'en pas douter c'est aussi une découverte dérangeante pour les spécialistes de la cosmologie, car elle est, en l'état actuel des connaissances, parfaitement inexpliquée et inexplicable. Les modèles actuels de l'origine et de l'évolution de l'Univers devront au moins ajuster leurs calculs s'ils ne sont pas tout simplement invalidés.

Les deux astronomes américains du centre Harvard Smithsonian de Cambridge, dans le Massachusetts, n'en sont d'ailleurs pas à leur premier coup d'éclat. Ce sont eux, aidés par Valérie de Lapparent, astronome française, qui, après avoir travaillé cinq ans dans leur laboratoire, est maintenant à l'Institut d'astrophysique de Paris, qui avaient déjà, à partir des mêmes travaux, lancé en 1985 l'idée des "bulles de l'Univers". Ces astronomes méticuleux se sont en effet spécialisés dans la tâche ardue mais stimu-



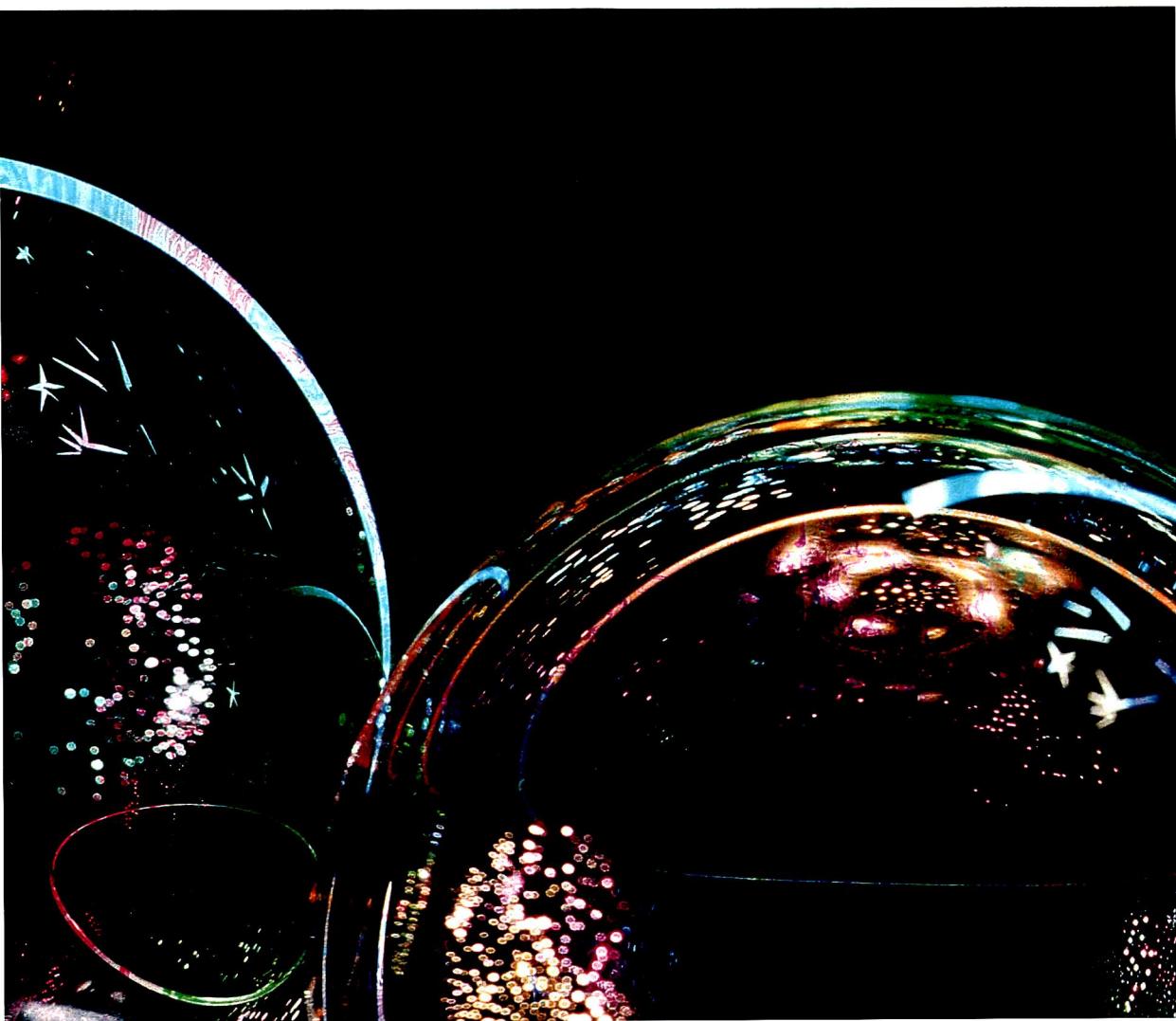
lante de nous décrire l'Univers dans ses structures les plus gigantesques et donc aussi dans sa nature la plus intime. Aujourd'hui leur modèle a été discuté par l'ensemble de la communauté scientifique. On parle de "mousse de savon", de "mousse de bière": chaque image tente de décrire ces étonnantes structures de l'Univers où le vide a autant d'importance que la matière.

Pour bien comprendre cet agencement, il faut revenir aux constituants principaux de l'Univers : les galaxies. Depuis que Edwin Hubble, au début des années vingt, a clairement identifié des objets situés en dehors de notre Voie lactée, l'Univers s'est peuplé de milliards d'"îles" plus connues sous le nom de galaxies. Mais alors que la répartition des étoiles dans les galaxies semble à peu près régulière, ces dernières forment dans l'Univers des figures particulières. En effet, elles peuvent soit vivre isolément, soit se regrouper en amas (liées entre elles par la force de gravitation). Une moitié,

environ, d'entre elles vivent en solitaires (on les appelle galaxies de champ), l'autre moitié vit en communauté.

Dans leur "zoom arrière", les astronomes ont aussi constaté que certains amas se regroupaient pour former des structures encore plus grandes et plus complexes, les superamas. Ces derniers ne semblent pas impliquer de liens gravitationnels entre les galaxies. Ils peuvent prendre la forme de ponts de galaxies reliant des amas, comme dans le cas du pont entre l'amas de Coma et l'amas Abell 1367. Lors de la découverte des superamas dans les années soixante-dix, les théoriciens ont élaboré des modèles dits de *pancake* (ou crêpe) qui suggéraient des structures filamentueuses. L'explication supposait des effondrements de fluctuations de densité sur un axe qui produisaient des structures en forme de crêpes.

En parallèle, les observateurs consciencieux continuaient leurs travaux de repérage des galaxies



dans l'Univers. C'est dans cette optique que Margaret Geller, John Huchra et Valérie de Lapparent reprennent le catalogue établi par l'astronome suisse Fritz Zwicky pour lui donner une nouvelle dimension. En effet, ce catalogue, qui fournit la position et la magnitude de plusieurs dizaines de milliers de galaxies, est simplement projeté sur la "sphère céleste", mince comme une bulle de savon. Le travail a consisté à mesurer le "décalage vers le rouge" (du spectre de la lumière) de toutes ces galaxies pour en déterminer la distance, donc la position exacte et donner au ciel sa troisième dimension. En effet, le décalage vers le rouge permet d'établir un rapport entre la vitesse d'éloignement des objets célestes par rapport à nous et leur position dans le ciel. Plus la lumière devient rouge, plus la fuite est rapide et plus l'objet est situé loin.

Le principe de l'étude est simple : à partir de la Terre comme point de visée, on définit un angle d'observation qui donne les limites de la largeur du champ, et une magnitude limite qui définit la profondeur. La carte ainsi établie ressemble à une "part de tarte" (*voir dessin ci-contre*) prélevée dans l'Univers. La décision, en 1985, de passer de la magnitude 14,5 à celle de 15,5 (éclat plus faible) a doublé la profondeur du catalogue et laissé apparaître de nouvelles structures. « Dès les premiers calculs, une première surprise nous attendait, se souvient Valérie de Lapparent : loin de se répartir au hasard, les milliers de galaxies se regroupaient sur des lignes courbes qui laissaient d'immenses vides en leur centre. » Pour confirmer cette structure, les astronomes coupent deux autres "parts de gâteau" adjacentes à la première. L'intuition devient une évidence : la distribution des galaxies sur les trois cartes successives correspond parfaitement et définit encore mieux les structures, les cercles de galaxies se referment, les vides deviennent de véritables bulles. En quoi la quatrième "part de tarte" présentée il y a quelques jours par Geller et Huchra a-t-elle modifié le modèle ?

En choisissant de sauter des "tranches" et de sonder plus bas dans l'Univers, mais toujours suivant la même ligne de visée, Geller et Huchra ont constaté que la distribution des galaxies, ici encore, correspondait aux trois autres parties adjacentes. L'accumulation de données sur la position de milliers de galaxies dessine maintenant à grands traits la structure de cette partie de l'Univers. « C'est en regardant attentivement cette nouvelle carte qu'ils ont vu surgir le grand mur de galaxies qui était déjà présent dans les trois tranches précédentes », raconte Valérie de Lapparent.

Bulles, grand mur : comment faire cohabiter ces deux notions ? La meilleure comparaison reste celle de la mousse de savon. En effet, dans un

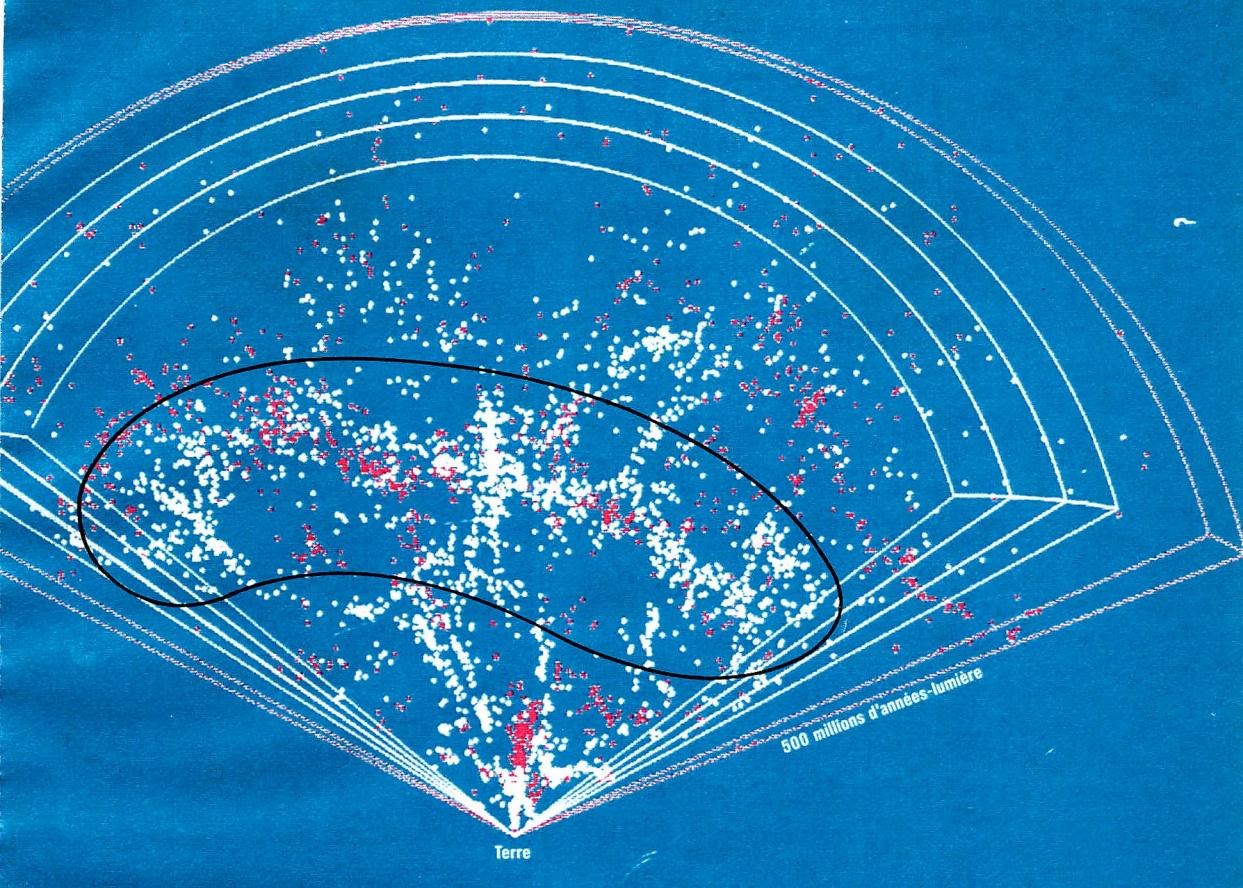
## Un gigantesque mur de galaxies.

C'est l'observation — par Margaret Geller et John Huchra (ci-dessous), du centre Harvard Smithsonian de Cambridge, et Valérie de Lapparent, de l'Institut d'astrophysique — d'une petite partie de l'Univers, comparable à l'Ile-de-France par rapport à la Terre, qui a permis cette découverte. Les trois premières "parts de tarte" (en blanc), établies en 1985, montrent, pour la première fois, une structure de l'Univers en "bulles de savon". Des immenses vides semblent entourés d'une surface de galaxies. Tout récemment, une dernière tranche (en rouge) a confirmé cette répartition et mis en lumière un immense mur de galaxies — 500 millions d'années-lumière de longueur, 200 de largeur et 15 d'épaisseur. Sur cette carte, toutes les galaxies de magnitude supérieure à 15,5 ont été représentées — elles sont plusieurs milliers. La profondeur de la zone observée atteint 500 millions d'années-lumière.



espace totalement constitué de bulles, si l'on part d'un point commun à deux surfaces de bulles (là où sont placées les galaxies), on peut toujours suivre une ligne qui marque le contact entre différentes surfaces de bulles. C'est une de ces lignes, qui s'étend d'une tranche à l'autre, que les astronomes viennent de mettre en évidence. Prise en tant que telle, elle constitue donc un véritable mur du cosmos, comme une feuille de papier noir de galaxies, placée à la perpendiculaire de la ligne de visée.

« Si cette hypothèse d'un Univers analogue à de la mousse de savon se confirmait, de tels murs doivent exister en grande quantité dans l'Univers, il semble même qu'en en voit un deuxième dans la carte », suggère Valérie de Lapparent. Reste que la



théorie d'un Univers constitué de bulles est toujours pertinente. Ce catalogue qui cartographie une région du ciel placée au nord de notre Voie lactée est à comparer à des études similaires menées au sud de notre galaxie qui semblent aussi mettre au jour des répartitions de matière en bulles, bien que de dimensions plus petites. Mais les conclusions doivent rester prudentes car la partie du ciel étudiée correspond, proportionnellement à l'Univers, à ce que représente l'Île-de-France par rapport à la Terre. Que connaît-on des déserts, des océans, des chaînes montagneuses si les géologues s'en tenaient à cette portion pour l'étude morphologique de notre planète ?

« Pour confirmer l'hypothèse des bulles, il faut continuer les travaux de cartographie du ciel en essayant de voir toujours plus loin et plus profondément », affirme Valérie de Lapparent, qui projette, avec une équipe d'astronomes français, de constituer, dans une autre région, une carte du ciel sur une profondeur dix fois plus grande mais avec un angle de visée plus petit. Car aucune surprise n'est à exclure. Pour l'instant, chaque fois que la profondeur du catalogue a été agrandie, de nouvelles structures plus gigantesques ont été observées.

Plus l'on voit loin, plus il y a à voir... et plus il y a à comprendre.

Cette fois encore, la mise en place du "mur du cosmos" ne va pas manquer d'ébranler grand nombre de spécialistes de la cosmologie. Autant le dire tout de suite, il n'y a actuellement aucune théorie qui rende compte de cette structure. Déjà l'apparition des bulles avait donné du fil à retordre aux théoriciens. Dans les deux cas, la question posée est la suivante : comment expliquer une répartition de la matière aussi hétérogène, alors que l'Univers des tout premiers temps (comme nous l'enseignent notamment les physiciens) était presque parfaitement homogène ?

Si l'on reprend le déroulement classique de la théorie du Big Bang, au moment où la lumière s'est séparée de la matière, un gigantesque flash a inondé l'Univers. Celui-ci s'est bien sûr refroidi depuis et on l'observe actuellement à environ trois degrés Kelvin ( $-270^{\circ}\text{C}$ ). Donnée fondamentale de l'astrophysique, on le désigne par rayonnement 3K. Les mesures faites sur cette lumière fossile font apparaître qu'à cette époque l'homogénéité de l'Univers était sans faille. Comment alors expliquer qu'il se soit mis au fil du temps à faire des gigantesques

(suite du texte page 172)

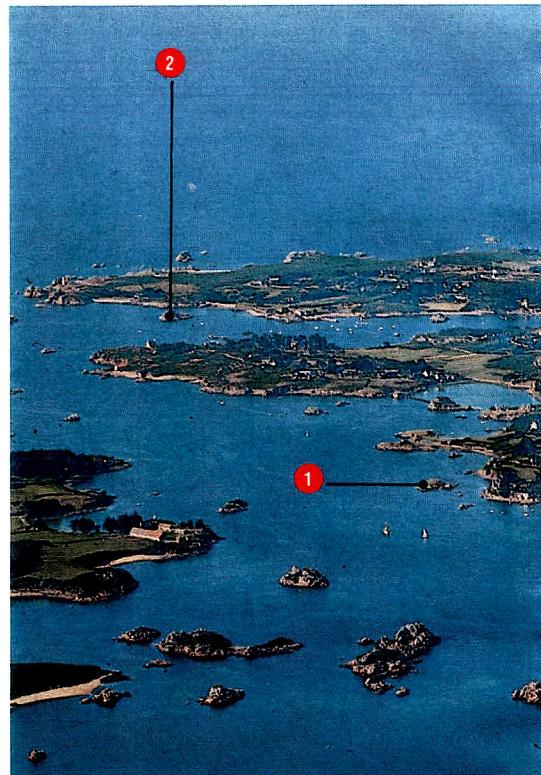
# LA PERCOLATION, ENTRE

*N'allez pas croire que la physique ne s'occupe que de sujets ésotériques et lointains, comme les particules élémentaires et le big bang. Il lui arrive de regarder plus près de nous, et de dénicher dans les objets les plus anodins des phénomènes universels et des lois générales. C'est le cas d'un modèle révolutionnaire, la percolation\*.*

**S**ur une côte bretonne, un promeneur, surpris par la marée et ne sachant pas nager, se réfugie sur un rocher. Lorsque la mer est au plus haut, il voit autour de lui un archipel de petits îlots semblables au sien. Quelques heures plus tard, le niveau de la mer ayant baissé, il peut rejoindre un rocher voisin à pied sec. Puis, de proche en proche, les îlots s'agrandissant et se rejoignant pour former des îles plus vastes, il se rapproche de la côte. Vient un moment où une île se relie à la terre, et notre homme va enfin pouvoir rentrer chez lui par une mince bande de sable, en évitant les multiples petits lacs d'eau salée qui subsistent encore.

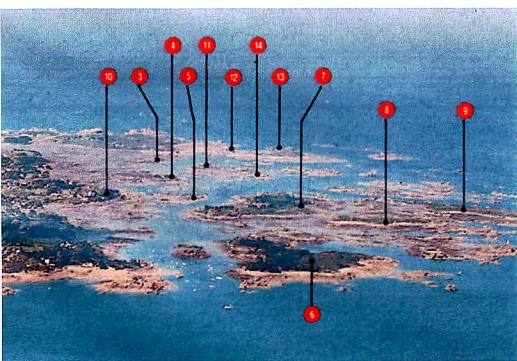
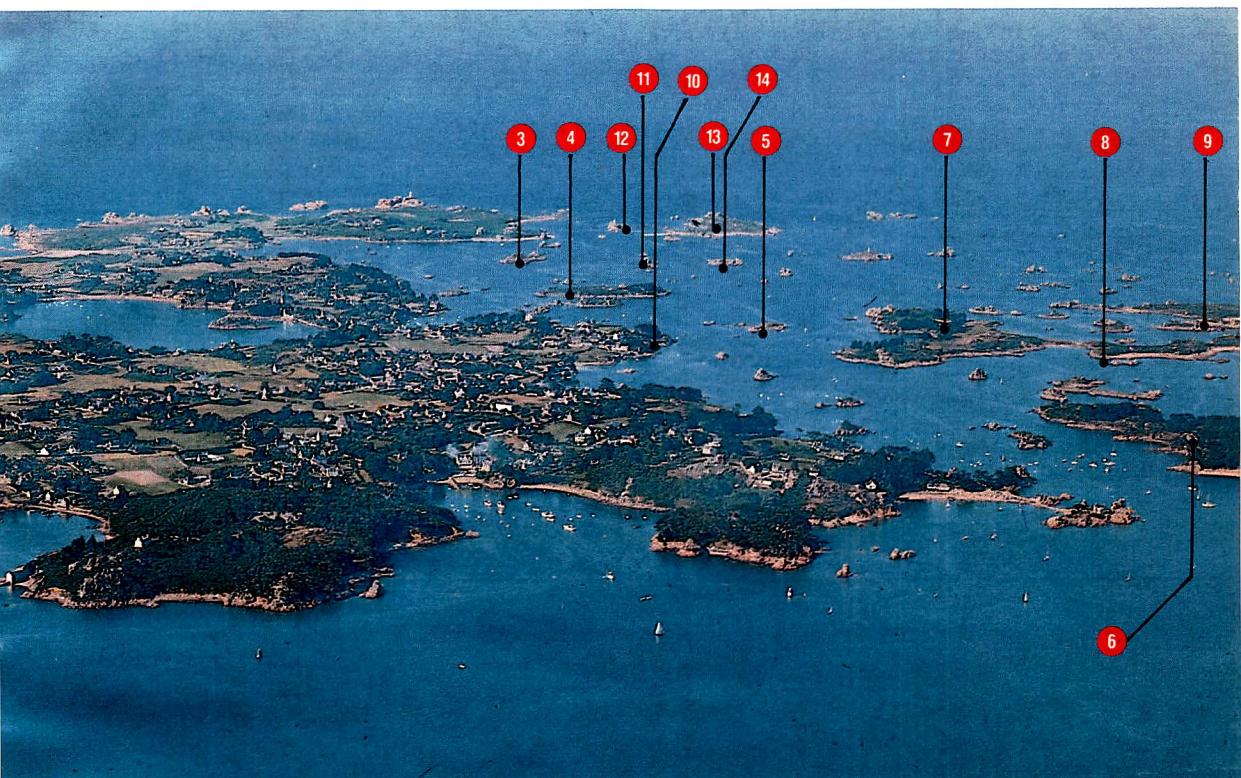
Ce voyageur a vécu la métamorphose d'une constellation d'îles perdues dans l'Océan en un continent de sable et de rochers parsemé d'innombrables lacs : un passage entre le discontinu et le continu. Observation banale, anecdote sans intérêt ? Non, car il y a là un phénomène universel, qu'on retrouve dans les domaines les plus divers.

\* La percolation sera abordée le 2 mai, à 9 h 05, sur France-Culture, dans l'émission "Les rêves de la physique", par Michel Cazenave.



Changement de décor : dans un pays en guerre civile, des rebelles veulent détruire le réseau téléphonique pour isoler des régions entières du monde extérieur. S'ils se contentent d'abattre quelques poteaux télégraphiques, les communications prendront un chemin détourné, mais fonctionneront. Mais il n'est pas nécessaire de détruire toutes les lignes. La question stratégique est donc : quelle est

# CONTINU ET DISCONTINU



▲ **A marée haute.** l'archipel de Bréhat est morcelée par la mer en une multitude d'îlots (chiffres rouges ci-dessus) séparés par des bras de mer : on ne passe pas d'une île à l'autre sur la terre ferme. Mais à mesure que l'eau baisse, les terres émergent petit à petit. D'abord, des îlots rapprochés se connectent les uns aux autres ; puis, l'eau se retirant encore, des groupes se connectent entre eux.

◀ **A marée basse**, on arrive à circuler à pied entre de nombreux ex-îlots et entre ceux-ci et la grande île, ce que montrent très bien ces deux photos (nous avons gardé ci-contre les mêmes chiffres que ci-dessus), même si elles ne sont pas prises exactement sous le même angle. La marée et les îles constituent une bonne illustration pratique de la notion de percolation développée dans cet article.

la proportion de lignes qu'il faut couper pour isoler des régions<sup>(1)</sup> ?

Troisième cas : on décidera très prochainement du lieu où seront enterrés les déchets radioactifs

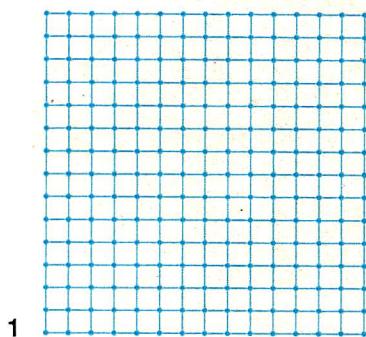
<sup>(1)</sup> Pour qu'on se trouve réellement dans une situation de percolation, il faut supposer que les rebelles sabotent les lignes au hasard, et que toutes ces lignes sont d'égale importance — ce qui est peu réaliste au demeurant.

sortis de l'usine de retraitement de La Hague. Les terrains sélectionnés sont bien sûr imperméables, mais toute roche présente des petites fissures. Si celles-ci sont peu nombreuses, elles ne sont pas connectées entre elles, et la roche reste impénétrable. Mais à partir de quelle quantité de fissures risque-t-on de les voir communiquer entre elles, et ouvrir un chemin jusqu'à la surface ?

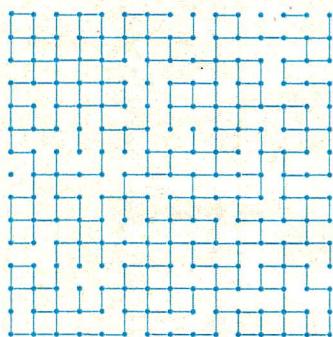
## LE SEUIL DE PERCOLATION : AVANT ÇA PASSE, APRÈS ÇA CASSE

Imaginons que l'on doive passer d'un bord à l'autre d'une grille plane (1), où les chemins sont les côtés des carrés, les "liens". Si le pourcentage de liens supprimés est faible (30 %, en 2), le réseau est plus ou moins troué, mais d'un seul tenant. Lorsqu'on supprime juste la moitié des liens (3), il ne reste plus qu'un seul chemin menant d'un bord à l'autre du réseau (en rouge), et des amas sépa-

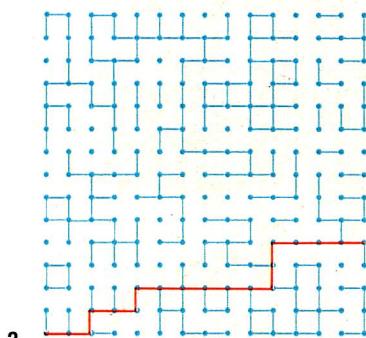
rés : un seul lien en moins, et on ne passe plus. On est au seuil de percolation. En éliminant encore des liens (70 %, en 4), on n'a plus que des amas isolés, plus nombreux et de tailles variées. Le seuil de percolation varie selon la structure de la grille : pour une maille triangulaire, par exemple, il suffit de 35 % de liens pour passer d'un bord à l'autre au lieu des 50 % de la maille carrée.



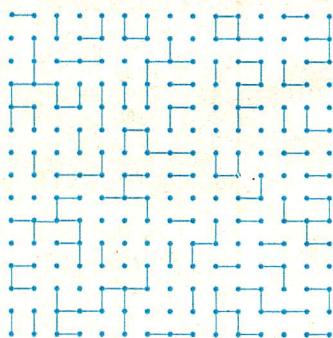
1



2



3



4

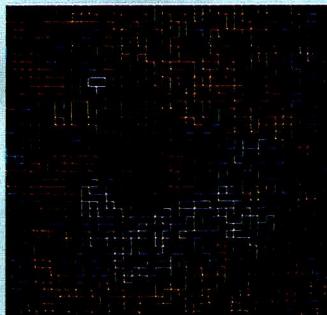
Dans ces trois petites histoires apparemment sans rapport, on retrouve pourtant le même type de situation : une connexion s'établit entre des objets isolés, ou bien des objets reliés se déconnectent, c'est ce que les physiciens appellent une transition de percolation.

Le concept de percolation a été découvert en 1956 par le mathématicien anglais J. M. Hammersley. Il travaillait avec un ingénieur, Broadbent, qui cherchait dans quels cas un masque à gaz devient inutilisable : il n'est pas nécessaire pour cela que tous les canaux se bouchent, il suffit que les canaux non bouchés ne communiquent pas entre eux pour que l'air ne passe pas. Hammersley a baptisé le phénomène percolation, en référence au percolateur à café (ce mot vient du latin *percolare*, filtrer). Mais pour les tenanciers de bistrot, la percolation

n'a pas exactement le même sens : l'eau doit traverser le café en poudre par le plus de chemins possible afin d'emporter les substances qui donneront goût et arôme.

Les géologues, de la même façon, appellent percolation l'écoulement de l'eau à travers une roche perméable, cette eau emportant des matières dissoutes qu'elle redéposera ensuite. Mais pour les physiciens, la percolation est le moment précis où s'établit une connexion, par exemple lorsque l'eau parvient pour la première fois à se frayer un chemin dans la poudre de café : c'est ce seuil qu'ils cherchent à étudier. La percolation est pour eux un modèle mathématique, fécond et unificateur, qui jette des ponts entre de nombreux domaines à première vue... déconnectés ! Car le franchissement du seuil de continuité, l'instant où s'établit (ou bien se détruit) une communication dans un système, ce moment mystérieux où la géométrie change radicalement, sont gouvernés par des lois indépendantes du système ou du matériau, des lois universelles. L'intérêt de la percolation n'est pas purement théorique. Dès qu'on peut mettre en évidence une transition de percolation dans un matériau ou un système réel, on est capable d'en donner une description précise et universelle, et la bonne connaissance de cet état peut être de la plus grande importance pour des applications industrielles.

Pour mieux comprendre la percolation, prenons le cas le plus simple : un réseau quadrillé comme une feuille de cahier, où chaque "nœud" est relié à quatre nœuds voisins. Ce quadrillage doit être assez étendu (en théorie, on le considère comme infini). Supprimons maintenant peu à peu, et au hasard, les "liens" du réseau — c'est-à-dire les côtés des carrés qui relient les nœuds entre eux. Le réseau se trouve de toute part, devient de plus en plus lâche... jusqu'au moment crucial où il n'y a plus de chemin continu — de suite continue de liens — menant d'un bord de la feuille à l'autre, mais seulement des lambeaux de quadrillages isolés : plus de continents, seulement des îles (on dit plutôt des "amas"), c'est la transition de percolation. Or, si l'on répète cette opération plusieurs fois, on constate qu'elle se produit toujours pour le même pourcentage de liens. Dans le cas du réseau



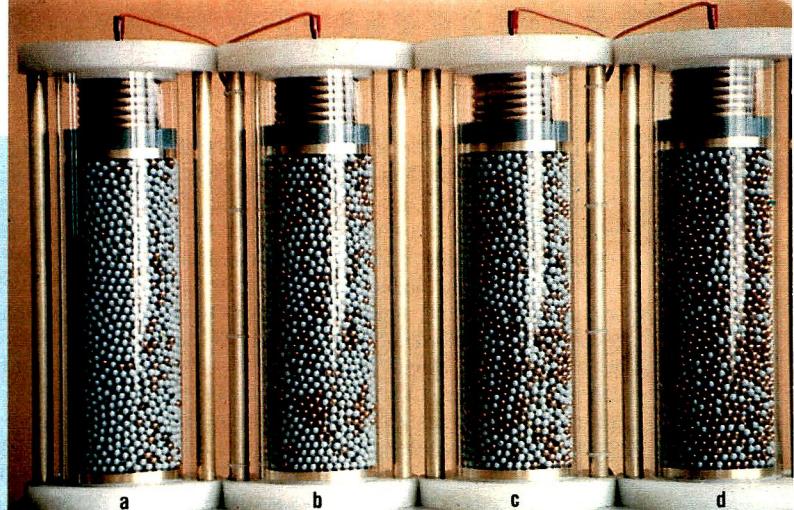
1



2



3



## ISOLANT OU CONDUCTEUR

Grâce à un ordinateur on peut analyser numériquement la conductivité d'un réseau électrique de structure quadrillée, comme si on avait appliqué une différence de potentiel aux bornes d'un grillage conducteur. On étudie ainsi les lois universelles auxquelles obéissent les variations de la conductivité près du seuil de percolation.

Lorsque la grille ne comporte que 45 % de liens (1), on est en dessous du seuil de percolation (voir dessins en page de gauche) : il n'y que des amas disjoints (ici en différentes couleurs), le réseau est isolant. Au seuil de percolation (2), le réseau compte 50 % de liens, et il y a un chemin continu entre ses extrémités. On n'a représenté ici que l'amas de connexions comprenant le chemin conducteur (c'est l'"amas infini"), en effaçant tous les autres (dits "amas finis"). Les couleurs des différentes parties de cet amas sont attribuées en fonction de leur conductivité : certaines

"branches", en bleu foncé, ne participent pas à la conduction électrique car elles sont attachées à l'amas par un seul lien ; ce sont des "bras morts". A l'inverse les liens représentés en rouge sont des passages obligés du courant. Viennent ensuite, par conductivité décroissante, les parties de réseau en jaune, vert et bleu clair.

Avec 55 % de liens (3), on est un peu au-dessus du seuil. Les amas finis (en pointillés) sont de petites tailles et peu nombreux, tandis que l'amas infini couvre la quasi-totalité du réseau.

La notion de percolation s'applique tout aussi bien aux structures en trois dimensions. Ainsi, dans un cylindre de billes isolantes (grises) et conductrices ( dorées), le courant ne commence à passer qu'à partir d'un certain pourcentage des conductrices (cylindre c), qui correspond au seuil de percolation. Le courant est nul dans les cylindres a et b, très faible en c et maximal en d.

carré, cette proportion, qu'on appelle "seuil de percolation", est égale à 1/2 : donc s'il subsiste moins de la moitié des liens, le réseau est morcelé en amas ; si le pourcentage de liens est supérieur à 1/2, il existe un chemin traversant tout le réseau.

Le seuil de percolation dépend de la forme du réseau : par exemple pour un réseau triangulaire, où chaque noeud est relié à 6 autres (au lieu de 4 dans le réseau carré), le seuil est de 0,35 : il suffit de 35 % de liens entre les noeuds pour qu'existe un "continent" (les physiciens disent "amas infini") (2).

Le réseau quadrillé est à deux dimensions ; mais les exemples de percolation à trois dimensions sont très nombreux. En voici un : un alliage métallique constitué de deux types d'atomes, A et B. Dans un alliage très pauvre en atomes B, ceux-ci sont isolés ou forment de petits amas au milieu des atomes A.

Plus la concentration en B est élevée, et plus on en trouve des amas étendus : pour un pourcentage d'atomes B égal au seuil de percolation (en l'occurrence 19,5 %), apparaît un "amas infini", congénérat d'atomes B qui n'est pas interrompu par des A. (Il s'agit là d'une percolation de sites : ce qui compte c'est l'occupation des sites par les atomes A ou B ; alors que le réseau carré était un exemple de percolation de liaison.)

Une des premières expériences de percolation, réalisée il y a une douzaine d'années par une équipe de Marseille, ressemblait à l'alliage qu'on vient de

(2) D'une manière générale, plus les noeuds ont un grand nombre de voisins et plus le seuil de percolation du réseau est bas. Cela se comprend facilement : si chaque noeud est relié par de multiples liens, il suffira d'un faible pourcentage de ces liens pour assurer une connexion à travers tout le réseau.

décrire, sauf qu'il ne s'agissait pas d'atomes mais... de bonbons ! Après s'être approvisionné chez un confiseur, ces chercheurs ont tassé dans un récipient des petits grains de sucre ordinaire et des petits grains argentés, comme ceux qu'on trouve avec les dragées de baptême. Ils ont fait varier la proportion de grains argentés par rapport aux grains blancs, en utilisant la conductivité électrique du sac de bonbons comme indicateur de la percolation : en effet, les grains argentés sont conducteurs électriques, et pas les grains blancs. Ils ont donc constaté que le sac de bonbons, qui est isolant quand il y a peu de grains argentés, devient conducteur lorsque ceux-ci sont en nombre suffisant pour constituer un chemin — c'est-à-dire au seuil de percolation.

Jusque-là rien d'étonnant. Ce qui est plus intéressant, c'est la manière dont augmente la conductivité électrique tout de suite après le seuil, à mesure qu'on augmente le nombre des bonbons argentés. Car cette variation suit une loi universelle ; elle s'apparente, par exemple, à la variation de perméabilité comme l'a montré le prix Nobel de physique américain K. Wilson, dans les problèmes d'hydrodynamique. Mais on reviendra là-dessus plus loin. Pour le moment, se pose une question : quels types de systèmes peuvent donner lieu à une transition de percolation ?

Ces systèmes ont un point commun : ils sont hétérogènes et désordonnés. En d'autres termes, ils sont constitués d'au moins deux sortes d'éléments répartis au hasard : ce sont des mélanges. Pour

l'alliage AB, ou le sac de bonbons, c'est évident ; mais c'est vrai aussi pour le réseau carré, qu'on peut considérer comme constitué de liens et de "trous" distribués de manière aléatoire. La percolation a lieu lorsqu'un des composants du mélange se fraie un chemin à travers l'autre composant.

La compréhension théorique des propriétés des mélanges est du plus haut intérêt dans de nombreuses applications, mais les physiciens n'ont pas attendu la découverte de la percolation pour tenter de décrire les matériaux hétérogènes. Voilà près d'un siècle qu'ils ont mis au point des méthodes permettant de calculer leurs propriétés à partir des propriétés des éléments qui les constituent. Ces méthodes sont efficaces dans la plupart des cas, mais elles se révèlent parfois inopérantes lorsque les matériaux mélangés ont des caractéristiques trop différentes (par exemple s'il faut calculer la conductivité d'un mélange céramique-métal, dit "cermet", entre un très bon conducteur comme le plomb et un isolant parfait comme le germanium). Les calculs donnent encore des résultats satisfaisants lorsque l'un des constituants domine nettement l'autre : mais à proximité d'un seuil de transition entre deux états, ils ne marchent pas du tout.

Cet échec a une raison profonde : les méthodes employées ne tiennent pas compte de la structure "désordonnée" du matériau. Les constituants du mélange ne sont pas répartis régulièrement : le composant "minoritaire" forme des amas de tailles et de formes très variées. Or, ce facteur joue à plein lorsqu'on se trouve proche d'une transition, car alors la moindre fluctuation peut faire basculer le matériau dans un état ou dans l'autre (connecté ou pas, dans le cas de la percolation). Mais les méthodes classiques sont impuissantes à rendre compte de cet effet de seuil. Pour décrire ce qui se passe là, le modèle de la percolation prend le relais.

Revenons donc au réseau carré, et approchons-nous du seuil, juste avant la percolation, au moment où il n'y a pas tout à fait assez de liens pour établir une connexion entre les bords du réseau. Nous voyons des amas (des morceaux de quadrillage) de toutes tailles et de toutes formes, mais celui qui est le plus intéressant est le plus grand d'entre eux, car c'est lui qui deviendra l'"amas infini", celui qui assurera la connexion. Les physiciens se sont donc penchés sur la manière dont le plus grand amas grandit juste avant le seuil de percolation, et ont montré que sa croissance

## P.-G. DE GENNES "PERCOLE" A TRAVERS LES SCIENCES

A une époque où le scientifique apparaît comme un hyper-spécialiste qui passe toute sa carrière à creuser un micro-sujet dans une discipline pointue, Pierre-Gilles de Gennes est passé de la physique nucléaire au magnétisme, de là aux supra-conducteurs en faisant un détour par les cristaux liquides, pour étudier ensuite un vieux problème non résolu : le mouillage des liquides sur une surface.

Tout cela avant d'entreprendre une

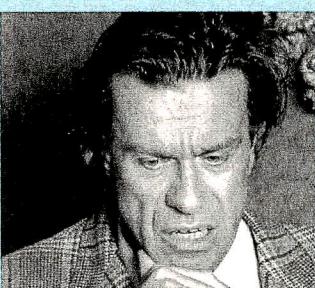
œuvre théorique conséquente pour laquelle il vient de recevoir le prix Ricardo Wolff. Il s'agit d'une étude de la dynamique des polymères faisant appel au concept de percolation.

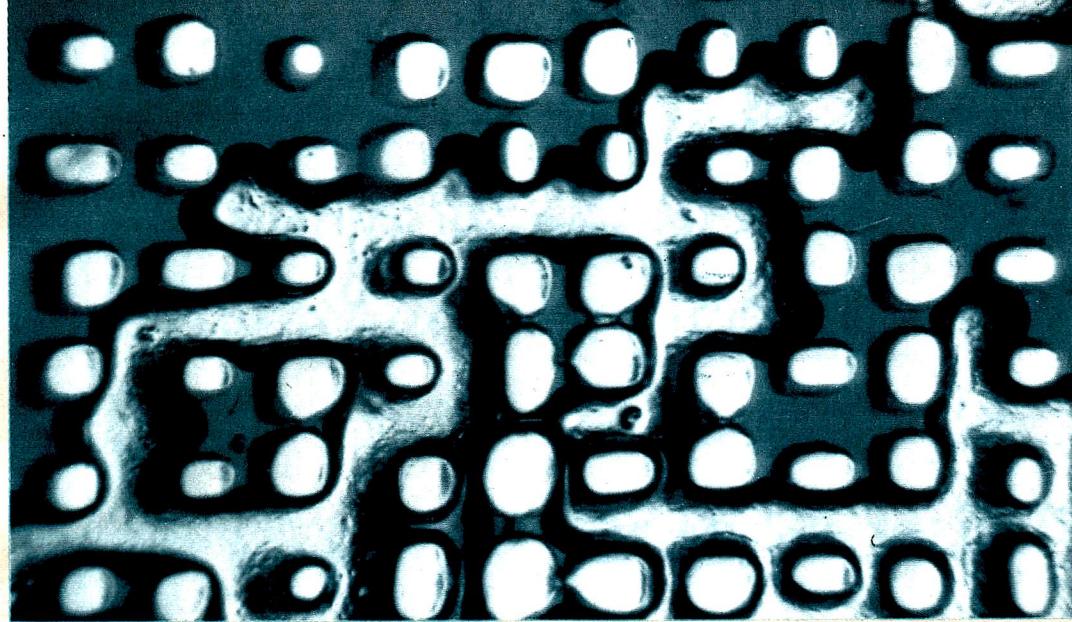
Le modèle de la percolation donne des résultats très précis sur les caractéristiques des réactions de polymérisation, fondement des industries des plastiques et des résines synthétiques. Le concept de percolation pourrait ainsi déboucher sur une nouvelle approche des systèmes de production.

P.-G. de Gennes est un théoricien résolument tourné vers l'industrie, chimique en particulier. Il est un des directeurs du conseil scientifique de Rhône-Poulenc, plus grand groupe chimique français.

Cette masse de travaux laisse encore le temps à ce chercheur hors du commun d'enseigner au Collège de France et de diriger L'Ecole supérieure de physique et de chimie de Paris.

Bernard Thesnon

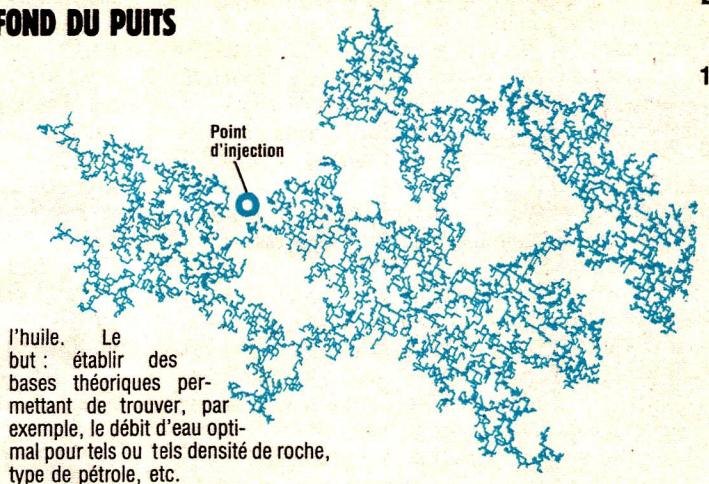




## LA PERCOLATION AU FOND DU PUITS

Pour récupérer le pétrole d'un gisement, quelquefois on injecte de l'eau, qui chasse le brut des pores de la roche et le force vers la surface via les puits de forage. Pour optimiser cette opération, on modélise en laboratoire pour comprendre la manière dont un fluide en chasse un autre dans un réseau plan de 250 000 microcanaux.

Lorsque de l'air à faible débit est injecté dans de l'huile, celle-ci se propage suivant une figure (1, agrandie en 2) qui correspond à un phénomène de percolation. Des expériences ont été conduites avec des fluides à différents débits et de viscosités diverses : par exemple, de l'eau chassant de



l'huile. Le but : établir des bases théoriques permettant de trouver, par exemple, le débit d'eau optimal pour tels ou tels densité de roche, type de pétrole, etc.

suit une loi universelle ; plus précisément, dans la formule qui décrit l'évolution de sa longueur intervient un nombre qu'on appelle un exposant critique, qui caractérise donc, en gros, la façon dont une "île" devient un "continent". Or, fait remarquable, ce nombre se trouve être le même dans tous les cas de percolation — que ce soit sur un réseau carré, triangulaire, hexagonal ou de forme irrégulière, qu'il s'agisse d'une percolation de "sites" ou de "liens". Alors que les seuils de percolation diffèrent suivant la forme du réseau, les exposants critiques sont, eux, universels et ne dépendent que de la dimension de l'espace. Par exemple, l'exposant qu'on vient de voir, décrivant la croissance du plus grand amas, vaut  $4/3$  en dimension 2 et 0,88 en dimension 3. Après le seuil de percolation, l'amas infini (autrement dit celui qui vient d'établir la connexion) se renforce en incorporant d'autres amas ;

si bien qu'à mesure qu'on s'éloigne du seuil de percolation, il y a de moins en moins d'amas isolés, et leur taille moyenne diminue. Toutes ces évolutions peuvent se mesurer statistiquement et elles obéissent à des lois universelles, caractérisées par des exposants universels.

En étudiant en détail l'évolution de systèmes près du seuil de percolation ("avant" comme "après" le seuil), les physiciens ont défini et mesuré de nombreux exposants critiques (certains sont d'ailleurs liés entre eux). Mais approchons-nous encore du seuil de percolation jusqu'à le "toucher" : si nous nous arrêtons au moment fugitif où s'opère la transition, nous pouvons mieux appréhender ce que la percolation a d'universel. Car au seuil, le système possède une étrange propriété : il est invariant d'échelle, c'est-à-dire que sa structure est exactement la même à toutes les échelles ; qu'on le regar-

2

1

de dans son ensemble ou qu'on en agrandisse une partie, aussi loin qu'on aille la forme est semblable. Cet état, ni île ni continent, mais intermédiaire, est dit "fractal" (3).

Ainsi surgit un ordre universel au cœur même du désordre, dans le *no man's land* autour de la frontière de percolation, là où le mélange est totalement inextricable. Là où abdiquent les méthodes de calcul classiques, la transition de percolation fait apparaître de nouvelles lois très générales, des nombres universels. L'évolution des système près du seuil ne dépend plus du tout de la nature de ce système (alliage, roche, mélange chimique, réseau conducteur...) ; elle est la même partout. Les détails microscopiques n'interviennent pas, seul compte le phénomène à grande échelle. Les lois statistiques de la percolation prennent le pas sur les lois physiques ou chimiques qui, en temps ordinaire, régissent les interactions dans le système.

Revenons maintenant à des choses plus concrètes, avec un des exemples de percolation le plus étudié : les gels. Tout le monde connaît les gels, car on en consomme tous les jours, sous forme de yaourts, de gelées de fruits, de crèmes desserts ou d'autres produits alimentaires — sans parler de certains cosmétiques et des gélatines utilisées en photographie. Ils se présentent comme des solides mous et élastiques, et sont généralement constitués de longues molécules liées entre elles en un vaste réseau flexible, comme un filet lâche, emprisonnant un liquide. Mais un gel peut se transformer en un liquide épais si ce réseau de macromolécules se désagrège en amas. C'est ce qu'on appelle la transition sol-gel (sol, mot de la famille de solvant, désigne le mélange de liquide et des macromolécules en solution). Toute personne qui a vu une gelée de groseille "prendre" a assisté à une transition sol-gel.

Le liquide peut passer à l'état de gel ou vice versa sous l'influence de facteurs variés, selon les cas : température, variation de la composition, ou divers autres procédés physiques ou chimiques.

Dans la phase sol, les macromolécules en solution (souvent des polymères) se lient de plus en plus à mesure qu'on se rapproche du seuil de percolation. L'augmentation du nombre de "ponts" entre

(3) Au sujet des fractales, voir *Science & Vie* n° 861, p. 28 : "Le chaos avec nous".

(4) On peut se poser une question concernant cette analogie : si la conductivité du réseau s'apparente à l'élasticité d'un gel après la transition de percolation, quel est l'analogie, pour un conducteur, de la viscosité du liquide avant le seuil ? Il y a une astuce pour résoudre ce problème : il suffit de considérer qu'avant le seuil, les liens sont supraconducteurs et les "trous" sont des conducteurs ordinaires. Le réseau étant constitué d'amas supraconducteurs isolés dans une "mer" de conducteurs, il a donc une certaine conductivité, mais plus les amas "supra" grossissent et plus cette conductivité augmente, comme la viscosité de la phase sol en s'approchant du seuil. La conductivité du réseau tend vers l'infini au moment de la transition, car il existe alors un chemin entièrement supraconducteur qui traverse tout le réseau — de même que la viscosité du liquide devient infinie au moment de la transition sol-gel.

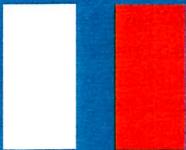
ces longues molécules, et donc de la taille des amas, se traduit par une viscosité croissante du liquide. Lorsqu'on arrive au seuil de percolation, cette viscosité tend à devenir infinie : les molécules ont tissé un filet très lâche, mais continu, une sorte de molécule géante, qui touche les bords du récipient, et le mélange ne coule plus : c'est un gel, encore très fragile, mais qui s'affermi peu à peu si les macromolécules continuent de se lier sous l'action du facteur extérieur. La propriété qui le caractérise est l'élasticité ; de même qu'avant le seuil on suivait l'évolution de la phase sol en mesurant la viscosité, de même, après la transition, on mesure l'élasticité de la phase gel, qui est nulle au seuil de percolation et croît quand le gel s'en éloigne.

Or, les gels, près du seuil de percolation, présentent de frappantes analogies avec... un réseau conducteur d'électricité. Il faut imaginer un réseau semblable au quadrillage étudié précédemment, mais à trois dimensions, où les "liens" sont conducteurs et les "absences de lien" — les trous — isolantes. On voit bien qu'il ne peut pas conduire l'électricité avant le seuil, puisque les amas sont déconnectés. Mais dès que s'établit un chemin continu, c'est-à-dire au seuil de percolation, le réseau devient conducteur, et sa conductivité, nulle au seuil, augmente à mesure que le nombre de liens grandit, de la même façon qu'augmente l'élasticité d'un gel avec le nombre de "ponts" entre les molécules (4). Des expériences ont permis de vérifier le bien-fondé de ces analogies : on a mesuré l'accroissement de l'élasticité du gel près du point de percolation, et la loi de variation est effectivement très proche de celle de la conductivité électrique d'un circuit en trois dimensions. Les exposants critiques de ces deux lois sont pratiquement égaux, signature d'un phénomène universel.

Pour mesurer l'élasticité du gel, les physiciens regardent comment il réagit à des contraintes mécaniques (faibles, naturellement, car il ne s'agit pas que le gel passe le seuil de percolation et se transforme en liquide !). Il existe d'autres méthodes expérimentales pour étudier le voisinage des seuils de transition : des mesures électriques, comme dans l'exemple du sac de bonbons, des mesures magnétiques également. Plutôt que de mesurer un matériau réel, il arrive que les physiciens reconstituent en laboratoire un système artificiel, comme par exemple un empilement de billes de verre pour étudier l'écoulement d'un liquide dans un milieu poreux. Mais ils réalisent aussi des expériences sur ordinateur, des simulations numériques qui permettent d'étudier le comportement de réseaux à deux ou trois dimensions — ou même plus : les percolations à quatre ou six dimensions, qui n'existent évidemment pas dans la nature, présentent néanmoins un grand intérêt théorique.

Les calculs statistiques effectués pour ces

# **POUR RETROUVER VOTRE FORME PHYSIQUE ET INTELLECTUELLE: CORTEXYL®**



Cortexyl est un antiasthénique dit psychostimulant : il est donc indiqué dans les asthénies fonctionnelles avec fatigue intellectuelle.

Contre-indications : grossesse, allaitement. Ce médicament contient du sodium : à éviter en cas de régime limité en sel. Demandez conseil à votre pharmacien.

**SOEKAMI-LEFRANCQ** laboratoires   
94, rue Edouard-Vaillant 92300 Levallois-Perret



# LE GÈNE DE LA JEUNESSE

*Deux chercheurs ont découvert le "ressort" qui fait tourner notre horloge biologique. C'est un gène qui, tant qu'il n'est pas inhibé, commande la reproduction de nos cellules. Si l'on trouve comment réactiver ce gène lorsqu'il est "fatigué", pourra-t-on faire repartir la vie pour un tour, comme jadis le Dr Faust ?*

**L**e roi Salomon recherchait la jeunesse dans les essences dégagées par les jeunes vierges. Les chevaliers du roi Arthur espéraient la boire dans le calice du Graal. Paracelse préconisait le retour à la nature, et Cagliostro un traitement médical de quarante jours, avec purgations et bains sudorifiques. Le conquistador Ponce de Léon se tua (ou, plutôt, fut tué) à chercher la source de jouvence sur l'île de Bimini, aux Bahamas. Et Charles-Edouard Brown-Séquard, membre éminent de l'Académie des sciences, l'injection intraveineuse du produit testiculaire d'un animal vigoureux, grâce à quoi, déclara-t-il à ses confrères, il fut en mesure, à 72 ans, "de rendre visite" à sa jeune épouse. Citons, en passant, les cellules fraîches d'agneau, hachées menu, administrées par le fameux Dr Paul Niehans dans sa clinique helvétique, et l'anesthésique (procaine) de la "réjuvénatrice" roumaine Ana Aslan. Autant de méthodes qui font surtout sourire.

Aucun savant sérieux ne prétend, aujourd'hui, connaître le secret de la jeunesse. Mais la biologie dispose d'un avantage sur la médecine d'hier, elle sait où le chercher : dans nos gènes, ces molécules biochimiques qui règlent la vie, et peut-être la mort, des centaines de milliards de cellules qui forment un organisme humain.

On a, en effet, trouvé un mécanisme fondamental du vieillissement cellulaire chez l'homme ; on a aussi identifié le gène qui le contrôle. Ce gène est une forme modifiée du "gène de l'immortalité cellulaire", autrement dit du cancer.

On sait qu'une des particularités des cellules d'un organisme est qu'elles ne peuvent proliférer indéfiniment en culture. Lorsqu'une cellule se divise (c'est la mitose), elle produit deux cellules filles, que l'on croyait identiques à la cellule mère ; la démultiplication cellulaire pourrait ainsi continuer

indéfiniment. Or, elle ralentit son rythme, et enfin s'arrête complètement. Il est donc certain que les cellules filles ne sont pas des copies complètement conformes des cellules mères, puisqu'à un moment donné, et bien qu'elles soient placées dans le même milieu de culture, elles arrêtent de se reproduire. En quoi sont-elles différentes ?

Deux biologistes de la faculté de médecine de Boston, Tara Seshadri et Judith Campisi, proposent une réponse. Elles ont étudiées des fibroblastes humains, cellules en forme de fuseau, provenant de tissus conjonctifs en voie de prolifération, qu'il est facile de maintenir en culture. Celles-ci arrêtent de se multiplier au bout de 20 à 50 mitoses. C'est la sénescence en culture, un reflet de celle qui se produit dans un organisme entier.

Ces vieilles cellules sont-elles privées de récepteurs spécifiques, nécessaires pour déclencher l'activité des facteurs de croissance ? Non, car ces récepteurs ne semblent pas altérés. Alors ?

La réponse se trouverait ailleurs : les cellules vieillissantes possèdent un ou plusieurs inhibiteurs de la division cellulaire. Les chercheurs sont parvenus à cette conclusion après avoir étudié l'activité (l'expression) de gènes de fibroblastes jeunes et de fibroblastes vieux. Ils se sont concentrés, lors de leurs expériences, sur l'analyse de plusieurs gènes intervenant dans le métabolisme cellulaire, notamment des proto-oncogènes, ces gènes qui, lorsqu'ils se transforment, peuvent déclencher des processus cancéreux (les protooncogènes sont des gènes tout à fait normaux, qu'il ne faut pas confondre avec les oncogènes ou "gènes du cancer" ; ce sont plutôt des gènes anticancer, qui ne deviennent des oncogènes qu'après transformation).

Un des protooncogènes étudiés est connu sous la dénomination de "c-fos". Il fait partie d'une série de gènes qui sont activés pendant la division cellulaire,

activation qui peut être mise en évidence par la formation de l'ARN messager (ARNm) correspondant (l'ARNm transmet le message de l'ADN du noyau cellulaire au cytoplasme, où s'effectuent les synthèses de substances codées par l'ADN).

Dans une culture de cellules jeunes au repos, c'est-à-dire qui ne sont pas en train de se démultiplier, le gène *c-fos* est inactif, et on ne peut donc pas détecter la présence de son ARNm spécifique. Mais lorsqu'on stimule ces cellules par des activateurs de croissance, on constate l'apparition d'une grande quantité d'ARNm, ce qui montre sans ambiguïté que le gène s'exprime. Il s'arrête au bout de deux heures environ, après quoi le taux de son ARNm s'abaisse brutalement.

En revanche, lorsqu'on tente de stimuler des cellules sénescentes, l'augmentation du taux d'ARNm spécifique au gène *c-fos* est faible : on en détecte environ dix fois moins que dans les cultures de cellules jeunes. L'activité du gène *c-fos* est inhibée. Cette inhibition est probablement la cause principale de l'arrêt irréversible de la croissance cellulaire.

Plusieurs expériences des chercheurs bostoniens ont montré que l'inhibition du gène *c-fos* empêche la synthèse d'ADN par les fibroblastes, freinant ainsi la multiplication cellulaire. Les cellules jeunes, remarquent-ils, ne se reproduisent pas sans interruption : elles le font un temps, puis s'arrêtent un temps variable, puis recommencent. Or, l'arrêt transitoire de la multiplication cellulaire dans les cultures de cellules jeunes n'est pas induit par le même mécanisme *c-fos* que l'arrêt, lui définitif, de cette multiplication des cellules sénescentes.

Il est certain, disent les auteurs, que d'autres modifications génétiques interviennent lors du vieillissement cellulaire. Mais elles semblent moins importantes, et sont parfois réversibles. « Nos données, concluent-ils, apportent des preuves moléculaires que la sénescence cellulaire est un processus de différenciation terminale. » En d'autres termes, l'inactivation du gène *c-fos* est le point final : la culture cellulaire est arrivée au bout du rouleau.

Ces travaux indiqueraient que le vieillissement n'est pas le produit d'accidents cellulaires successifs, une accumulation de petites erreurs qui, à la longue, dérèglent la « machine » (la théorie dite du « disque rayé » qui, à

force d'être joué, s'use et devient incompréhensible). Selon les travaux résumés plus haut, le vieillissement est programmé.

Cette seconde théorie semble prendre le dessus. Chaque espèce semble posséder une durée de vie programmée — de quelques jours pour certains insectes, d'une année pour de nombreuses plantes, d'une centaine d'années pour l'homme et les tortues, de plusieurs milliers d'années pour les grands séquoias de Californie. On connaît des exemples de dérèglement de cette horloge présumée — notamment, chez les humains, une maladie appelée la progéria, qui embauche l'horloge interne chez ses victimes, de jeunes enfants qui ressemblent à des vieillards et qui ne vivent guère plus de dix ans.

Cette maladie est certainement génétique, même si l'on n'a pas identifié, à ce jour, le ou les gènes impliqués. Le ralentissement de l'horloge interne peut aussi se produire, comme l'a expliqué le Pr Thomas E. Johnson, de l'université du Colorado (Boulder), lors de la récente réunion de l'Association américaine pour l'avancement des sciences.

Ce chercheur a, en effet obtenu, par sélection génétique, des lignées de vers intestinaux (le nématode *Caenorhabditis elegans*) d'une exceptionnelle longévité, qui vivent, en moyenne, 70 % plus longtemps que leurs congénères « sauvages ». Il a identifié, grâce à l'ingénierie génétique, le gène (peut-être est-ce un groupe de gènes) responsable.

Ces recherches peuvent-elles mener au prolongement, par le génie génétique, de la vie humaine ? C'est peu probable, du moins dans l'avenir prévisible. Peut-être parviendra-t-on à retarder les petites dégradations qui s'accumulent dans notre organisme, et

à nous permettre de vivre, sinon au-delà des limites de nos horloges internes, du moins plus pleinement. Qui ne voudrait mourir, comme s'écroule d'une seconde à l'autre ce cabriolet parfait imaginé par le poète américain Oliver Wendell Holmes (¹). Il roule, sans jamais tomber en panne, car toutes ses parties s'usent uniformément — jusqu'au moment où le cabriolet tout entier, parvenu au bout d'une carrière programmée par son constructeur, tombe en poussière. **Alexandre Dorozynski**

(¹) *Have you heard of the wonderful one-hoss shay  
That was built in such logical way  
It ran a hundred years to the day?*  
« Avez-vous oui dire de ce cabriolet  
Si logiquement assemblé  
Qu'il roula cent journées, au jour  
près ? »



# LES FÉCONDS ZIGZAGS DE LA DOUBLE HELICE

*Si elle ne favorise pas forcément les mutations, la nature aime la diversité.*

*Une équipe de chercheurs strasbourgeois vient de révéler que la molécule support de l'hérédité, l'ADN, adopte parfois une conformation Z qui favorise considérablement les erreurs génétiques, à l'origine de la diversité des espèces et de leur évolution.*

**A**l'origine de la vie, il n'y avait sur Terre que des organismes unicellulaires. Ces êtres originels ont donné naissance aux poissons, aux reptiles, aux mammifères, bref ! à toutes les espèces vivantes, des plus simples aux plus complexes. C'est en se modifiant progressivement et en transmettant les modifications à leur descendance que les premiers êtres vivants ont engendré la prodigieuse diversité qui ne cesse de nous émerveiller.

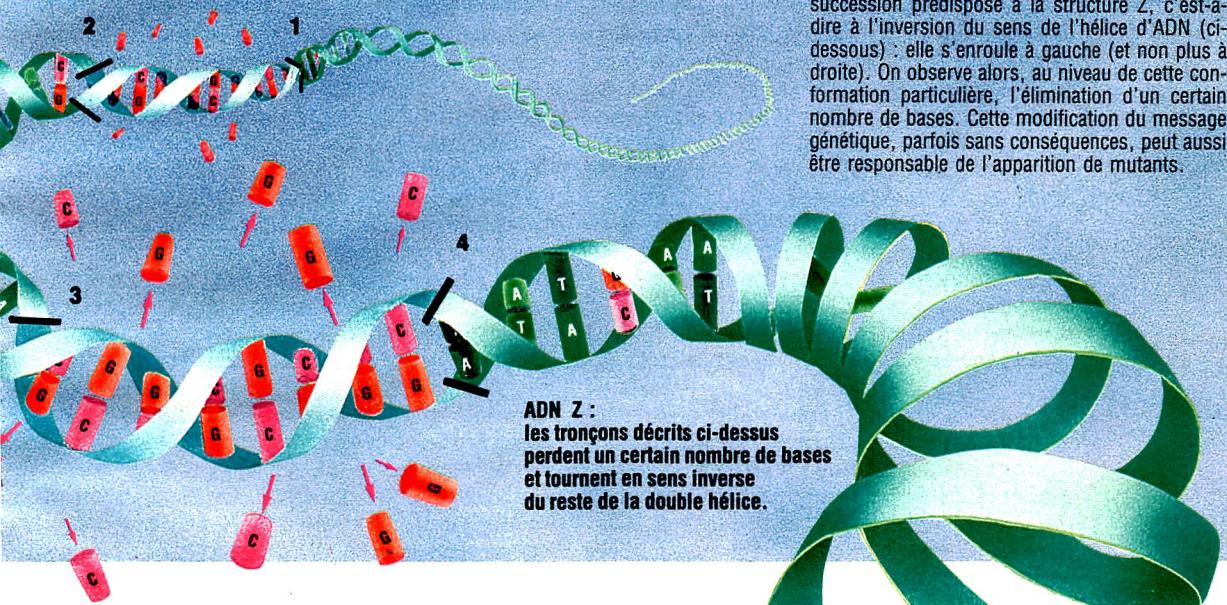
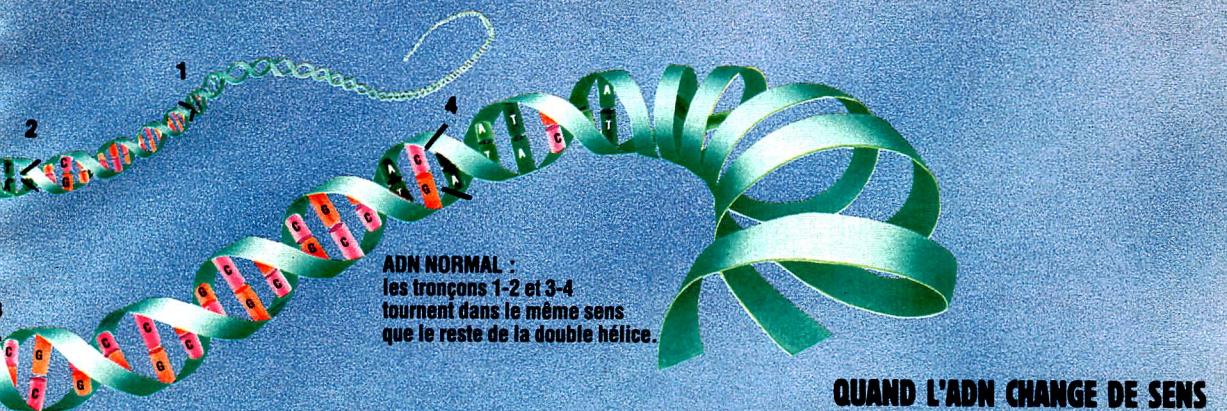
Ces changements successifs du patrimoine héréditaire résultent tout simplement de l'erreur : que la machinerie cellulaire se méprenne un instant, et le message génétique initial risque d'être faussé. Les scientifiques observent en effet depuis quelques années que, si la cellule développe un arsenal complexe d'astuces pour préserver intact le message génétique, elle conserve par ailleurs des dispositifs susceptibles de multiplier les erreurs et même de les favoriser. Instinct suicidaire de la part des organismes ? Absolument pas. C'est au contraire le plus sûr moyen qu'a imaginé la nature pour assurer aux différentes espèces une capacité d'adaptation, une possibilité de faire face aux agressions qui les menacent, chaque espèce ne conservant finalement que les seules mutations favorables à sa croissance.

Une équipe de chercheurs strasbourgeois vient même de découvrir que certaines conformations "spéciales" qu'adopte parfois la molécule support de notre hérédité, l'ADN, sont justement des points

"chauds" de mutation, puisque c'est à leur niveau qu'on observe des modifications très fréquentes du message génétique. Ces régions instables constituerait en quelque sorte des réservoirs de variabilité génétique. Il y aurait là un des dispositifs utilisés par la nature pour conférer aux espèces un pouvoir d'adaptation indispensable à leur survie. L'hypothèse est séduisante, mais les chercheurs restent d'autant plus prudents que ces observations n'ont été conduites à leur terme que sur des bactéries. Des expériences analogues sont actuellement en cours chez les êtres dits "supérieurs".

Depuis le début du XIX<sup>e</sup> siècle, les scientifiques s'intéressaient aux mécanismes qui président à la transmission des caractères héréditaires, mais il a fallu attendre la Seconde Guerre mondiale pour que se lève en partie le voile recouvrant la structure du matériel biologique, support de notre hérédité.

En 1944, plusieurs chercheurs américains établissent la nature chimique de ce matériel. Il se compose d'*acide désoxyribonucléique* ou ADN, une longue molécule relativement simple à première vue, puisque son squelette est constitué de la répétition d'un cocktail de trois éléments unitaires : un sucre, un phosphate et une base. La base peut être la guanine, la cytosine, la thymine ou l'adénine. L'ADN ne se contente pas d'être le support héréditaire de



l'homme, il est celui de toutes les espèces, du mammouth au virus (avec quelques variantes cependant), en passant par le poisson, le ver de terre et même l'ensemble du règne végétal. Il se trouve au sein des chromosomes qui occupent le noyau de nos cellules (d'où son nom : acide nucléique, du latin *nucleus*, noyau), comme au cœur des bactéries, organismes beaucoup plus simples.

Les acides nucléiques constituent donc le plus petit dénominateur commun de la vie sur Terre. Aussi nul ne s'étonnera de l'intérêt sans cesse croissant qu'ils suscitent. En 1953, Watson et Crick établissent ce que l'on croit alors être le modèle unique de la structure physique de l'ADN. L'acide désoxyribonucléique comprend deux brins parallèles. Ces brins ne sont pas identiques mais complémentaires, chaque base d'un des brins s'accrochant avec une base de l'autre brin et une seule : adénine avec thymine et cytosine avec guanine. En outre, les deux brins sont torsadés comme un tire-bouchon

que l'on enfonce en tournant à droite.

Ce modèle de la "double hélice", observé chez l'homme comme chez la bactérie, eut un impact considérable, car il permit de comprendre comment l'ADN stocke et transmet l'information génétique. Mais la réalité est rarement aussi simple qu'un modèle unique suffise à la décrire dans son ensemble. En 1979, grâce aux recherches de Rich, on s'aperçut en effet que l'ADN n'avait pas la structure figée décrite vingt-cinq ans plus tôt par les deux chercheurs américains Watson et Crick. S'il n'était pas question de remettre en cause le système global d'accolement des bases (adénine avec thymine et cytosine avec guanine), il s'avérait que la structure de l'ADN était extrêmement variable. Rich montrait que l'ADN peut exister aussi sous forme d'une hélice gauche, c'est-à-dire que le tire-

## QUAND L'ADN CHANGE DE SENS

Dans l'enchaînement des bases de la double hélice d'ADN (ci-dessus), on rencontre parfois des séquences composées exclusivement de la répétition des bases G (guanine) et C (cytosine). Cette succession prédispose à la structure Z, c'est-à-dire à l'inversion du sens de l'hélice d'ADN (ci-dessous) : elle s'enroule à gauche (et non plus à droite). On observe alors, au niveau de cette conformation particulière, l'élimination d'un certain nombre de bases. Cette modification du message génétique, parfois sans conséquences, peut aussi être responsable de l'apparition de mutants.

bouchon évoqué plus haut ne s'enfonce pas systématiquement vers la droite, mais peut parfois tourner vers la gauche. Ainsi, le long d'une même molécule d'ADN, le sens de la double hélice s'inverse-t-il de temps à autres comme un long serpentin virevoltant. En fait, l'ADN est ponctué de structures dites "spéciales", sortes de soubresauts qui rompent régulièrement la monotonie de la molécule.

Un détail structural sans importance ? Non, semble-t-il, d'autant plus que d'autres configurations particulières ont été observées sur la molécule d'ADN. Plusieurs études suggèrent, en effet, que certains enchaînements de bases provoquent un coude permanent sur la double hélice. Celle-ci est parfois rompue pour laisser la place à une structure d'aspect cruciforme tout à fait particulière. Enfin, on a pu relever localement des triples et même des tétra-hélices. Si ces configurations spéciales sont moins stables que la double hélice de Watson et Crick, et donc minoritaires sur l'ADN, leur présence a certainement une signification. Et de nombreux chercheurs suggèrent qu'elles puissent représenter des signaux de reconnaissance jouant un rôle biologique fondamental. Il pourrait s'agir d'un rôle dans la variabilité génétique, cet important pouvoir mutagène qui confère aux organismes une capacité d'adaptation indispensable à leur survie.

Il convient d'abord d'examiner où se situe l'hélice "gauche" sur la molécule d'ADN et comment elle se forme. Cette conformation à gauche, que les scientifiques appellent ADN Z, s'observe de préférence quand il y a certains enchaînements particuliers de bases sur les brins d'ADN. Ainsi les enchaînements guanine-cytosine et cytosine-adénine/guanine-thymine adoptent-ils facilement la structure Z. Mais il est actuellement clair que les séquences d'ADN, quelles qu'elles soient, peuvent toutes se présenter sous la forme d'une double hélice gauche, pour peu que la cellule y mette suffisamment d'énergie. En effet, même un enchaînement adénine-thymine, normalement peu disposé à adopter la structure Z, pourra le faire s'il y a apport d'énergie. Mais d'où vient cette énergie ? L'ADN est en fait une molécule contrainte : la double hélice s'enroule dans l'espace comme une mèche de laine constituée de deux brins torsadés à laquelle on imposerait des "supertours" avant d'en souder les extrémités l'une à l'autre. Si l'on tente alors de désolidariser les brins de la mèche, il faut forcer, et cela se traduit par une modification du nombre de "supertours". Lors des processus cellulaires (division et synthèse protéique) impliquant l'ouverture de la double hélice, l'énergie qui se libère pourra être utilisée pour stabiliser les structures Z naturellement instables. Ainsi, lors des divisions, la cellule recopie-t-elle intégralement son ADN, avant de distribuer un exemplaire à chaque cellule fille à laquelle elle va donner naissance. A cette occasion, la double hélice se

détord et s'ouvre comme une fermeture à glissière afin d'autoriser le copiage de chaque brin et ainsi la reconstitution de deux molécules complètes d'ADN. De même, lors de la lecture des gènes, dans les étapes qui vont conduire à la fabrication des protéines, la double hélice se rompt pour autoriser, par copie d'un des brins, la synthèse du messager obligé : l'ARN — celui-ci exporte l'information génétique hors du noyau (où sont confinés les chromosomes) vers les structures cellulaires conçues pour le traduire en protéine.

Au cours de ces étapes fondamentales de la vie de la cellule, on assiste donc à d'importants remaniements de la structure spatiale de l'ADN. Des remaniements se font avec transfert d'une énergie pouvant servir à stabiliser des séquences d'ADN sous forme Z. Cette assertion est importante, car elle signifie que la conformation de l'ADN n'est pas figée, mais tout à fait variable au cours de la vie cellulaire. Cela explique en partie les difficultés que peuvent rencontrer les scientifiques dans l'étude de ces structures. En effet, lorsque l'ADN est extrait artificiellement des cellules, en vue d'une expérimentation, il subit divers traitements qui ont toute chance de modifier son état conformationnel. Si de nombreuses régions du génome (ensemble des chromosomes d'un individu) semblent capables d'adopter cette structure particulière, on n'a pas à l'heure actuelle de preuve tangible de l'existence *in vivo* de l'ADN Z. Comment alors observer *in vivo* les conséquences biologiques de la structure Z ? Les chercheurs de Strasbourg ont tenté de contourner le problème en introduisant dans l'ADN bactérien (précisément dans les plasmides, ces fragments d'ADN qui portent les bactéries en sus de leur génome principal) plusieurs séquences de bases, dont certaines adoptent facilement la conformation Z. Puis ils ont étudié le changement de comportement des bactéries. Au cours des générations, les bactéries éliminent progressivement ces séquences Z instables. La longueur des enchaînements de bases en structure Z se réduit, telle une peau de chagrin. Ainsi ces zones sont-elles le siège d'intenses phénomènes mutagènes (appelés délétions), environ mille fois plus fréquents que sur le reste du génome bactérien. Plus la séquence introduite dans le génome bactérien est grande, plus spectaculaire en est la fréquence des délétions. Il est encore difficile de comprendre comment apparaissent ces délétions. Il s'agit probablement d'erreurs de copie du message génétique au cours de la synthèse — de la réPLICATION — de la molécule d'ADN. Des erreurs qui favoriseraient la structure Z instable.

Mais cette conformation particulière pourrait aussi être impliquée dans d'autres processus cellulaires. En effet, il semble que la structure Z modifie considérablement les associations protéines-ADN. Or, ce type d'interaction est déterminant pour nom-

## DIPLOMES DE LANGUES

anglais allemand espagnol italien

# Visez européen !

Assurez-vous la maîtrise d'au moins deux langues étrangères, et une compétence linguistique opérationnelle, sanctionnée par des diplômes officiels :

- Examens européens de langues
- Chambre de Commerce Etrangères
- Université de Cambridge

*Examens, diplômes, préparation tous niveaux accessible à tous, dans toute la France... Tout est dans la documentation complète (et gratuite !) de :*

**LANGUES & AFFAIRES, sce 5014  
35, rue Collange - 92303 Levallois.**

**Tél. : (1) 42.70.81.88**

## UNE BONNE CULTURE GENERALE

*un atout pour réussir!*

■ **CULTURE SCIENTIFIQUE**  Mise à niveau mathématiques, physique, chimie  Ecologie  Initiation à l'informatique  Histoire des découvertes.

■ **CULTURE LITTÉRAIRE**  Analyse œuvres littéraires  Histoire des civilisations  Histoire des religions  Expression en groupe  Analyse  Commentaire  Résumé de texte  Orthographe  Rédaction.

■ **CULTURE ARTISTIQUE**  Histoire de l'art  Histoire de la musique  Histoire du cinéma  Dessin  Peinture  Décoration.

■ **PERFECTIONNEMENT CULTUREL**  Lecture rapide  Graphologie  Anglais  Allemand  Espagnol.

## ECOLE UNIVERSELLE

Institution d'Enseignement Privé par correspondance soumis au contrôle du Ministère de l'Education Nationale - 28, rue Pasteur, 92551 Saint-Cloud Cedex

### BON pour une documentation gratuite

Oui, je désire recevoir sans aucun engagement une documentation complète sur les enseignements de l'Ecole Universelle.

*INSCRIPTION  
A TOUT MOMENT  
DE L'ANNEE*

Mr  Mme  Mlle

Nom ..... Prénom .....

Adresse: N° ..... Rue .....

C.P. .... Ville ..... Tel. ....

Quelle formation avez-vous choisie ?



Adresssez-nous ce Bon dès aujourd'hui à l'ECOLE UNIVERSELLE IFOR  
28, rue Pasteur - 92551 SAINT-CLOUD Cedex. Tél. (1) 47.71.91.19



*"La dernière fois  
que j'en ai offert  
à tous mes condisciples réunis,  
c'était  
au Saint Andrew's Club,  
le jour où j'ai battu  
ce maudit William Mac Dermott  
aux fléchettes."*

PERIODICCS C. 44-19 352 209 301



**ABERLOUR**  
*Le Malt d'Exception*

Sachez apprécier et consommer avec modération.

# SIDA : LE SIGNAL QU'ON PEUT BLOQUER

*Il ne suffit pas au virus du sida de trouver sa cible, le lymphocyte T, pour l'infecter : une fois qu'il est dans la cellule, il doit encore se multiplier en utilisant la machine génétique humaine, contenue dans le noyau, pour copier en de multiples exemplaires ses protéines et son génome. On vient de bloquer ce processus.*

**P**our accomplir son destin, un microorganisme parasite doit se doter d'armes spécifiques, qui copient ou qui détournent de leur action normale les armes cellulaires de l'organisme à envahir. Ainsi, pour attaquer l'homme, le virus du sida paralyse le système immunitaire en s'attaquant à certains globules blancs, les lymphocytes T4, fer de lance de notre défense immunitaire face aux infections ou aux agressions externes. Les lymphocytes T4 portent à leur surface une protéine appelée CD4, qui leur sert de "serrure" pour se protéger des agresseurs et communiquer avec les autres acteurs du système immunitaire.

David Klatzmann a montré en 1984 que le virus du sida détourne à son profit et utilise précisément cette "serrure" du CD4 pour reconnaître le lymphocyte T4, sa cible de choix. En 1985, le Pr Richard Axel, à New York, élucide la structure dudit CD4 (on en connaît la séquence animée et sa forme dans l'espace). La clé du virus, c'est sa protéine d'enveloppe, la glycoprotéine 120 (ou GP 120), qui s'adapte parfaitement au CD 4 du lymphocyte. Quand la clé est dans la serrure, la membrane du lymphocyte s'ouvre et le virus glisse son message génétique, son ADN, dans le cytoplasme de la cellule humaine. Mais ce n'est que la toute première étape : il lui faut ensuite faire parvenir d'autres messages au noyau du lymphocyte pour que son ADN se mette en action, afin de l'aider à se répliquer.

On connaît certains des messages normaux, des molécules-messagers, appelées protéines d'activation, qui agissent sur l'ADN du noyau de la cellule : celui-ci se transcrit en ARN messagers, qui sont ensuite traduits en protéines. C'est ainsi que la cellule enclenche sa production de protéines, d'hormones, etc. ; le même processus, d'ailleurs, peut conduire à une癌érisation des cellules. En utilisation "normale", le système fonctionne en cascade, ces protéines retournent sur l'ADN où elles se collent sur certaines régions promotrices de gènes définis ; à nouveau, ces brins d'ADN sont transcrits en ARN, puis traduits en protéines. Il en est ainsi de

l'interleukine 2 et d'autres interleukines ou interférons, tout comme pour un facteur nucléaire, le NF kappa (découvert par David Baltimore en 1987). Toutes ces protéines, qui sont en quelque sorte "bêtes et disciplinées", ont également la possibilité d'activer directement la réPLICATION du virus qui s'est introduit dans la cellule attaquée, en se "collant" sur l'ADN de celui-ci en un endroit particulier : le LTR (*Long Terminal Repeat*), qui commande la production du génome viral.

Mais ces mécanismes sont assez tardifs ; pourra-t-il donc y avoir un signal plus précoce ordonnant la réPLICATION du virus ? Un signal chimique qui partira de la membrane du lymphocyte, pour informer le noyau de la cellule envahie d'avoir à se préparer à accueillir le matériel génétique de l'agresseur. On ne sait pas encore d'où part ce signal, mais on a des pistes : il existe dans la membrane du lymphocyte, collées au récepteur CD4, des protéines du système majeur d'histocompatibilité, la marque du "soi" qui permet au système immunitaire de distinguer ce qui fait partie de l'organisme auquel il appartient de ce qui lui est étranger.

Jusqu'à présent, personne n'avait découvert de rôle exact du HLA dans la stratégie d'attaque du virus. Or, une équipe de chercheurs de l'unité des rétrovirus de l'INSERM, à Marseille (Jean-Claude Chermann, Pierre Corbeau, Christian Devaux et François Kourilsky), a réussi à bloquer la multiplication du virus à un stade très précoce, immédiatement après l'infection. Pour expliquer le processus, comparons le virus au client d'une banque : il lui faut introduire sa Carte bleue dans la fente proche de la porte de la billetterie automatique pour avoir accès au sas. Le virus, lui, présente à la membrane du lymphocyte sa clé d'entrée (la GP 120) et la glisse dans la fente (le CD4). Le client de la banque entre dans le sas, utilise à nouveau sa Carte bleue et compose un code secret reconnu par l'ordinateur central : alors il peut débiter son compte. Le virus, lui, a modifié la structure du CD4 en s'y accolant, et, par contiguïté, il a modifié celle d'une molécule du

HLA accolée à lui. Un deuxième message part alors vers l'ordinateur central du noyau de la cellule, pour qu'il accepte de répliquer le virus.

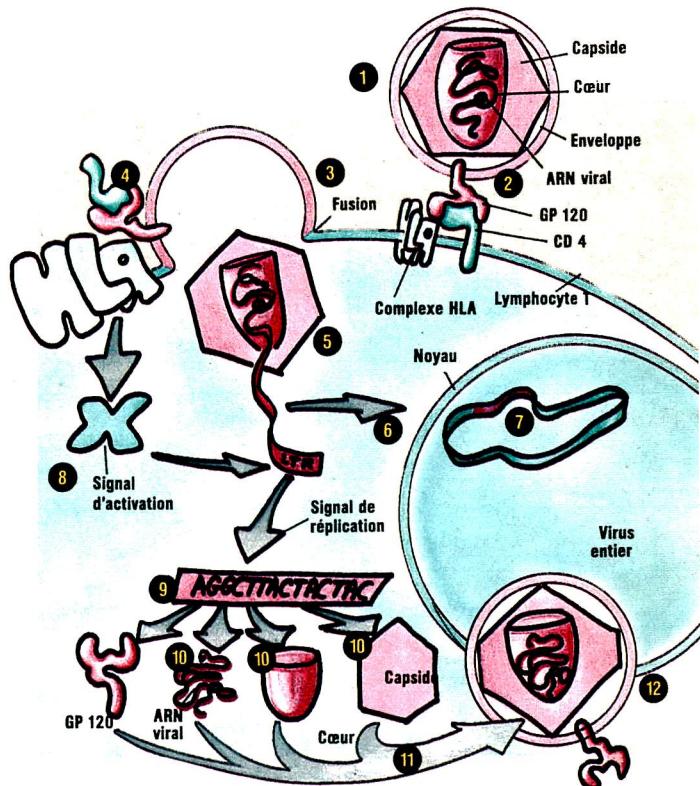
Quelle est la nature de ce message ? Quelle partie du HLA l'envoie ? Un premier élément de réponse vient d'être fourni par les chercheurs marseillais, dans le *Journal of Virology* d'avril 1990. Il s'agit de la bêta-2-microglobuline, molécule du système HLA présente à la surface de la famille des cellules mononucléées du sang, dont le lymphocyte fait partie. Avec un anticorps monoclonal spécifiquement dirigé contre ladite bêta-2-microglobuline, on peut bloquer la réplication des lymphocytes humains du sang périphérique, avant même que le matériel génétique du virus ne se soit intégré dans le noyau du lymphocyte. L'anticorps antibêta-2-microglobuline bloquerait le signal émis à son niveau par la membrane, signal chimique encore à élucider.

L'équipe de Marseille constate en tout cas un retard significatif dans la réplication du virus HIV1 par les lymphocytes infectés. L'inhibition de production virale dans les cellules traitées avec l'anticorps antibêta-2-microglobuline est très précoce : elle s'observe dès les premières minutes après l'exposition des cellules au virus, et jusqu'à une heure après. Le délai "sensible" est donc très bref.

Il ne s'agit pas d'une illusion de laboratoire ou d'un artefact : en effet, on pourrait imaginer que l'anticorps tue purement et simplement, par un mécanisme non spécifique, ceux des lymphocytes infectés qui produisent des particules virales, et que c'est pour cette raison que l'on n'observe pas d'activité virale dans les cultures traitées par cet anticorps. Ce n'est pas le cas : le pourcentage de lymphocytes porteurs de la bêta-2-microglobuline est demeuré inchangé tout au long des cultures, preuve qu'ils n'étaient pas plus détruits que d'autres.

Ils ont également vérifié que d'autres anticorps, cousins du leur mais ne se liant pas à la même partie du complexe membranaire, ne modifiaient nullement la réplication virale. C'est donc bien la bêta-2-microglobuline qui est le point de départ du signal de réplication. Quel est donc ce signal ? Les pistes sont nombreuses :

- Les anticorps antibêta-2, connus pour diminuer la sécrétion d'interleukine 2, un messager cellulaire impliqué dans l'activation cellulaire.
- Nous avons dit que de nombreuses protéines de la cascade d'activation étaient déjà connues. Or, les événements de cette cascade se déroulent dans les cinq premières minutes qui suivent le premier signal (l'attachement GP 120-CD4).
- De plus, c'est par cette cascade qu'agit le facteur NF kappa B, qui déclenche la transcription normale de l'ADN en ARN messagers, mais qui peut aussi se lier au LTR du virus HIV. Le HIV utilise à son profit ce contrôle normal des gènes des cellules pour se répliquer. Et des protéines humaines normales



**Comment se multiplie le virus du sida.** Le virus s'approche du lymphocyte T (1), cellule du système immunitaire à laquelle il s'attaque. Puis sa protéine d'enveloppe GP 120 se fixe au récepteur CD4 (2) de la membrane cellulaire. Virus et lymphocyte "fusionnent" alors leur membrane (3). La GP 120 et le CD4, collés ensemble, modifient la forme des molécules du système HLA incluses dans la membrane du lymphocyte (4). Le génome du virus pénètre alors dans la cellule (5), où l'ARN viral est transcrit en ADN (6) puis s'intègre à l'ADN du noyau du lymphocyte (7). La modification de la forme du HLA envoie un signal chimique (X) qui, en se collant sur la séquence LTR (*Long Terminal Repeat*) du génome viral, donne l'ordre au virus de se répliquer (8). Ce signal de réplication déclenche la production d'ARN messagers (9), lesquels font fabriquer par le lymphocyte de nombreux exemplaires des constituants vitaux (10), qui recréent des virus entiers (11 et 12). Les chercheurs ont pu bloquer le signal X avec un anticorps qui se lie à une molécule de HLA (13).

d'activation (SP1, TFIID, etc.) ont des sites d'atterrissement bien à elles sur le HIV 1. Ces voies d'activation sont redondantes et coopèrent les unes avec les autres : c'est le réseau de communication de la cellule.

L'explication théorique de ce blocage de réplication est donc pour l'instant la suivante : l'anticorps bloque la transmission d'un signal (peut-être de la "cascade") qui va moduler la production dans le noyau de la cellule de protéines d'activation qui se fixent sur l'ADN normal ou celui du HIV. Il reste à démontrer complètement ce mécanisme nouveau pour lui faire dire comment la réplication du virus est contrôlée après l'infection, si les différentes phases cliniques observées correspondent à des stades et à des mécanismes de réplication du virus identiques, et enfin si l'on peut envisager des voies thérapeutiques nouvelles.

Jean-Michel Bader

# LES PARENTS S'IRRADIENT, LES ENFANTS MEURENT

*Les Anglais savent dorénavant qu'un ouvrier du nucléaire court 8 fois plus de risques qu'un autre d'avoir un enfant leucémique.  
Les Français, eux, ne le savent pas.*

**P**assant en revue l'ensemble des installations nucléaires de Grande-Bretagne<sup>(1)</sup>, des chercheurs britanniques ont constaté que dans les districts proches de ces installations, la mortalité par leucémies, notamment leucémies lymphoïdes, et aussi par la maladie de Hodgkin, chez les sujets de moins de 24 ans était de 15 % supérieure à ce qu'elle est dans la même classe d'âge chez les populations non exposées. En l'occurrence, on remarquera que les chercheurs ont seulement étudié la mortalité, ce qui laisse supposer une incidence réelle des leucémies plus importante (en effet, depuis les années 1960, le traitement des leucémies, surtout chez les sujets jeunes, s'est considérablement amélioré et la mortalité a beaucoup diminué).

Quand on compare les communes où plus des deux tiers de la population vivent à moins de 10 km d'une centrale avec des communes témoins, on constate une augmentation de 100 % des morts par leucémies lymphoïdes et de 46 % des morts par l'ensemble des leucémies, entre 0 et 24 ans. Si on élargit le cercle jusqu'à un rayon de 16 km autour des installations nucléaires, l'incidence des décès par leucémies n'augmente plus que de 15 %, celle des leucémies lymphoïdes que de 21 %, toujours par rapport aux communes témoins. Plus on s'éloigne des centrales, moins le sur-risque est grand.

Mais la comparaison de cette étude et à des études épidémiologiques plus anciennes montre que l'augmentation des leucémies ne se limite pas, comme on l'avait cru d'abord, aux communes situées à proximité immédiate des installations nucléaires.

Par ailleurs, on pensait que l'augmentation des leucémies lymphoïdes chez les enfants ne se manifestait qu'autour des installations ayant démarré avant 1955. Or l'étude actuelle fait apparaître une augmentation significative, pour tous types de leucémies, autour de Sellafield, une centrale mise en

activité après cette date.

Les chercheurs ont également découvert que la zone urbaine de Liverpool est responsable, à elle seule, d'une augmentation de 68% du risque pour l'ensemble des leucémies et de 125% pour la seule leucémie lymphoïde : 71 des cas diagnostiqués l'ont été dans cette seule région (qui comprend la centrale de Capenhurst).

Mais Liverpool est unique : la taille de sa population et sa composition sociale sont très différentes de celles des autres régions hébergeant des installations nucléaires. On ne peut tout à fait exclure, qu'un autre risque soit cause de cette augmentation anormale des leucémies.

Ces chiffres appellent évidemment différents commentaires.

Pour que la cause de l'augmentation des leucémies soit une surexposition des enfants aux radiations dans l'atmosphère ou aux eaux de refroidissement des centrales, il faudrait que le risque relatif varie d'un facteur mille d'une centrale à l'autre. Or, le sur-risque de leucémies infantiles ne varie que de de 1 à 10 seulement d'une centrale à l'autre. C'est inexplicable !

D'autre part, les doses reçues par les populations vivant autour des centrales sont, de toute façon, très inférieures à celles qui pourraient produire de telles augmentations du nombre des leucémies.

Les chercheurs se sont acharnés à trouver d'autres raisons que l'effet des radiations (hasard, compétence médicale, "méchanceté" particulière des leucémies, etc.).

Dernière explication, d'ailleurs très controversée, celle qu'a avancée Leo Kinlen<sup>(\*)</sup>, épidémiologiste de l'université d'Edimbourg, dans l'hebdomadaire

<sup>(1)</sup> Ont été étudiées les installations nucléaires de Sellafield, Springfields et Capenhurst (British Nuclear Fuels), Harwell et Winfrith (UK Atomic Energy Authority), Aldermaston (Ministry of Defense), Amersham, Bradwell, Berkeley, Dungeness, Hinkley, Oldbury, Sizewell, Trawfynydd et Wylfa.



CES PORTES DOVENT ETRE  
TENUES FERMEEES POUR  
EVITER TOUTE PROPAGATION  
DE LA CONTAMINATION  
EVENTUELLE

médical *The Lancet* de décembre 1988. Kinlen pense que la population autour des centrales nucléaires a été "infectée", au cours d'apports massifs de population, par des virus leucémogènes apportés par les nouveaux habitants, et que ce sont ces virus et non la présence d'une centrale nucléaire qui seraient responsables de l'excès de leucémies infantiles observé. Pour lui, les populations en question vivent dans des régions géographiquement très isolées. Loin des brassages urbains et suburbains, elles n'ont jamais — ou très rarement — été en contact avec des agents infectieux et sont donc plus "susceptibles" que d'autres.

## LES EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS

Les anomalies chromosomiques peuvent être de 3 types :

- le nombre des chromosomes est anormal, comme dans les trisomies ou les monosomies. Il s'agit alors de réarrangements pathologiques survenus avant ou lors de la conception de l'œuf. Mais de telles aberrations surviennent souvent également dans les cellules cancéreuses.
- Les chromosomes se cassent, en particulier sous l'effet des rayonnements, le nombre de cassures augmentant avec la dose de rayons.
- L'architecture des chromosomes est bouleversée ; ils forment entre eux des anneaux, échangent des morceaux de leurs bras, etc... Le nombre de ces aberrations est généralement proportionnel au carré de la dose.

Si l'on s'intéresse à ces anomalies, c'est parce qu'on sait que certaines formes de cancers leur sont fréquemment associées. Ainsi la présence d'un chromosome "philadelphie", produit à partir d'un échange de morceaux entre deux chromosomes, n'est retrouvée que dans les cellules cancéreuses de la leucémie myéloïde chronique. De même, la plupart des victimes de méningiomes ont un seul chromosome 22 au lieu de la paire habituelle... On pourrait multiplier les exemples.

Il s'agit là d'anomalies "visibles" : toutes peuvent être retrouvées à la suite d'exposition à des radiations ionisantes. Il en existe d'autres, "invisibles", qui n'ont "que" des conséquences biochimiques, mais dont l'importance est parfois plus grande puisqu'elles provoquent des mutations dans la structure de l'ADN. Un exemple typique en est la disparition, dans une séquence génétique donnée, d'une base purique ou d'une base pyrimidique (les "briques" de l'ADN), d'où des sites vides potentiellement癌érogènes.

Normalement, la nature a prévu la survenue de ce type d'erreur rare ; elle a doté les organismes d'enzymes de réparation de l'ADN, des endonucléases, mais ce mécanisme de réparation est fragile.

Dans leurs éprouvettes et leurs boîtes de culture, les chercheurs ont eux aussi observé le processus de transformation maligne dû à l'irradiation : ce n'est pas la cellule irradiée qui devient cancéreuse, c'est sa fille ou sa petite-fille... voire son arrière-petite-fille. D'abord la cellule perd son inhibition de contact : normalement, dans une boîte de culture, les cellules se divisent pour former un tapis cellulaire uniforme ; quand elles touchent les bords de la boîte, ou qu'elles sont complètement entourées d'autres cellules, elles cessent de se diviser. La cellule issue d'une cellule irradiée semble, elle, ne plus se contrôler : là où la cellule normale s'arrête, elle continue à se diviser. Il est à peu près certain que des modifications de l'ADN chromosomique sont responsables de cet "emballage" : certains gènes de régulation de la division cellulaire seraient victimes de modifications dues aux radiations, cela en touchant deux sortes de cibles distinctes : les gènes proto-oncogènes, et les gènes antioncogènes.

Les uns et les autres sont impliqués dans l'apparition de certains cancers mais on ignore à quel moment et à quel niveau. En particulier, si l'on pouvait trouver des modifications des gènes proto-oncogènes dans les cellules germinales, on aurait un lien avec les cancers de la descendance. Encore faudrait-il qu'EDF, Framatome ou la Cogema acceptent que les chercheurs aient la possibilité de les y rechercher chez les employés du nucléaire français. Ce n'est pas le cas.

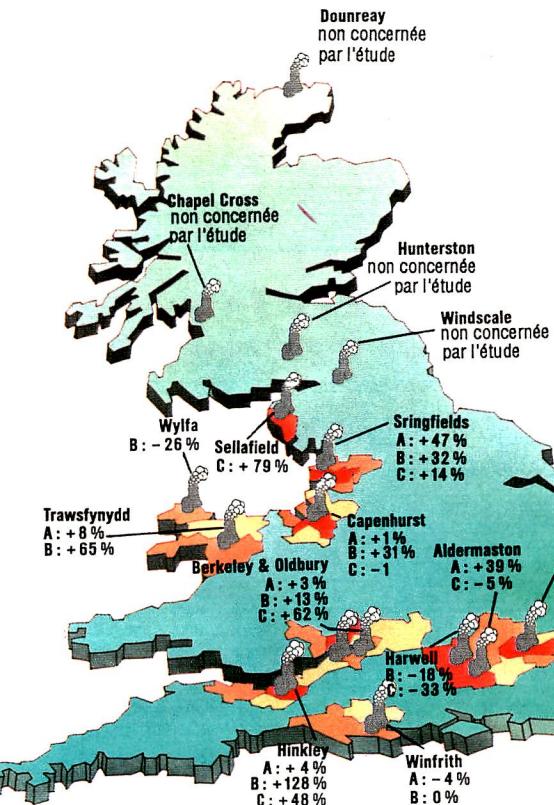
En 1984, David Black, un autre épidémiologiste britannique, a étudié l'augmentation inexplicable du nombre de cancers dans la région de Cumbria, en particulier l'augmentation du nombre de leucémies infantiles dans le village de Seascale, proche de la centrale géante de retraitement nucléaire de Sellafield et reconnu qu'il était impossible de trouver une explication valable dans le mode de vie, dans les différents indices de contamination par l'environnement, dans la nourriture, la consommation de poisson ou de légumes du jardin, ou dans le fait que les enfants aient ou non joué sur les plages où pourraient se trouver des effluents radioactifs.

Mais le rapport Black avait découvert quelque chose de tout à fait étrange. C'est que le risque était augmenté surtout chez les enfants dont le père travaillait à la centrale de Sellafield, et surtout si ces pères avaient été exposés à des doses relativement élevées de radiations, et cela bien avant que les enfants en question ne soient conçus !

Quatre de ces pères avaient reçu des doses cumulées de 100 millisieverts (°), ou plus, avant la conception de l'enfant. Dans ce cas, le risque relatif de survenue d'une leucémie dans la descendance était multiplié par 6 ou 8 !

Depuis le rapport Black, trois autres études indépendantes (Independent Advisory Group, 1984 ; Committee on medical aspects of radiation in the environment, 1988 et 1989) ont confirmé cet excès de leucémies infantiles, tout en remarquant qu'il était trop important pour être simplement expliqué « par l'effet direct sur les enfants » de la pollution radioactive. De son côté, le Dr Tom E. Wheldon, cancérologue à l'université de Glasgow, a lui aussi confirmé devant la société royale de statistiques, qu'il était impossible que les doses directement reçues par la population puissent expliquer, à elles seules, un tel excès de leucémies.

Cependant l'industrie nucléaire produit bien des enfants leucémiques : le Dr J.H. Dunster, ancien directeur du British National Radiological Protection Board, a calculé qu'un employé du nucléaire qui recevrait 20 millisieverts de rayonnements aurait une chance sur



### Les Anglais ont calculé le risque de leucémie

chez les jeunes de 0 à 24 ans vivant près d'une centrale nucléaire. Ils ont classé en trois catégories les différents districts du pays (équivalents de nos communes) en fonction du pourcentage de leurs habitants vivant à moins de 10 miles (16 km) d'une centrale. Catégorie A (en jaune) : districts dont moins de 10 % de la population sont concernés. Catégorie B (en orange) : de 10 à 66 % de la population. Catégorie C (en rouge) : plus de 66 %. Ils ont comparé avec des districts témoins (éloignés des centrales) et trouvé partout un pourcentage de risque supplémentaire chez les voisins des centrales (sauf dans quelques cas, notamment autour de Harwell, où ils ont mesuré des "sous-risques").

400 d'avoir un enfant leucémique, alors que le risque dans la population générale britannique est de une leucémie pour 2 750 enfants. Autrement dit, près de 7 fois plus ! Puisque la dose et le débit de dose ne peuvent expliquer directement l'excès de leucémies, il faut trouver des pistes plus complexes.

Martin Gardner, le plus célèbre épidémiologiste britannique, s'est attelé à cette tâche et vient de publier dans le *British Medical Journal* un rapport qui relance la controverse sur les dangers auxquels seraient exposées les populations habitant à proximité des centrales nucléaires, et plus particulièrement sur le risque professionnel encouru par les travailleurs du nucléaire.

(<sup>2</sup>) L'idée de Kinlen consiste à comparer deux régions parfaitement isolées, ayant sensiblement les mêmes caractéristiques de population, d'habitat et d'environnement, ayant l'une comme l'autre subi un afflux massif de population ; la seule différence étant la présence ou l'absence d'une centrale atomique, source potentielle de radiations. Il a trouvé un district rural écossais, Kirkcaldy DC, dont la population a doublé entre les recensements de 1951 et de 1956. Le nombre de décès par leucémies survenant chez des sujets de moins de 24 ans est significativement plus important à Kirkcaldy DC que dans la région de Thurso : le calcul prévoyait en effet 3 décès, et l'on a observé 10, dont 7 chez des enfants de moins de 5 ans. Mais comment expliquer l'absence de foyers épidémiques de leucémies infantiles, comme il en survient dans les épidémies de maladies infectieuses traditionnelles ? Parce que, dit Kinlen, la leucémie est une réponse rare, qui ne survient pas chez tous les enfants qui sont massivement en contact avec ces virus.

(<sup>3</sup>) 1 millisievert = 1 millirem.

Cette étude a porté sur les 52 cas de leucémies et les 22 cas de lymphomes non hodgkiens apparus dans la région de Sellafield, entre 1955 et 1985 : en comparant ces 74 cas avec 1 001 cas de sujets sains issus des mêmes registres de naissance, Gardner et ses collègues, comme d'autres avant eux, ont été amenés à écarter la fuite de matières radioactives dans l'environnement en tant que facteur causal. Etudiant les pères des enfants cancéreux, ils se sont aperçus que le risque relatif d'avoir une leucémie est 7 à 8 fois supérieur si l'on est l'enfant d'un père exposé à une irradiation cumulée de 100 millisieverts, ou à une irradiation de plus de 10 millisieverts dans les 6 mois précédant la conception, ce qui confirme parfaitement l'étude de Dunster citée plus haut.

Par opposition, les 1 546 enfants ayant fréquenté l'école de Seascale, le village proche de la centrale, sans y être nés, ne présentent pas un taux relatif anormal.

Inutile de dire que le rapport Gardner fait grand bruit, et qu'il mobilise non seulement la commission de radioprotection britannique, mais l'ensemble de l'industrie nucléaire britannique. La commission qui, en 1988, avait recommandé que la dose cumulée maximale des employés de l'industrie nucléaire soit abaissée à 20 millisieverts (la dose "légitime" maximale étant de 50 millisieverts) doit aujourd'hui encore réviser à la baisse cette dose

## HABITEZ-VOUS A MOINS DE 10 km D'UNE CENTRALE NUCLÉAIRE ?

*Plus la centrale est vieille, plus la dose cumulée est importante, dans l'environnement et chez les employés de la centrale exposés aux radionucléides. Le risque relatif de leucémies chez les enfants d'habitants limitrophes dépend surtout de la dose cumulée par les futurs pères à la date limite : 6 mois avant la conception de l'enfant.*

*Pour mieux connaître les dangers réels, les Britanniques ont lancé une vaste étude sur toutes leurs centrales. En France, nous ne faisons rien. Voici, pour chaque centrale, la liste des communes situées dans un rayon de 10 km.*

BELLEVILLE 1. Mise en route le 14-10-1987

BELLEVILLE 2. Mise en route le 06-07-1988

Sautranges 420 hab. Bonny-sur-Loire 1830 hab. Thou 196 hab. Faverelles 182 hab. Belleville-sur-Loire 448 hab. Annay 359 hab. La Celle-sur-Loire 759 hab. Myennes 578 hab. Léré 925 hab. Sury-près-Léré 378 hab.

BLAYAIS 1. Mise en route le 12-06-1981

BLAYAIS 2. Mise en route le 17-07-1982

BLAYAIS 3. Mise en route le 17-08-1983

BLAYAIS 4. Mise en route le 16-05-1983

St-Ciers-sur-Gironde 2917 hab. Braud et St-Louis 1753 hab. Paillac 6145 hab. Mouton Rothschild 1901 hab. St-Estèphe 2118 hab. St-Seurin de Cadourne 753 hab

BUGEY 1. Mise en route en 1972 (arrêt prévu 1994)

BUGEY 2. Mise en route le 10-05-1978

BUGEY 3. Mise en route le 21-09-1978

BUGEY 4. Mise en route le 08-03-1979

BUGEY 5. Mise en route le 31-07-1979

La Balme-les-Grottes 531 hab. Blyes 359 hab. Parmilieu 362 hab. St-Valbus 464 hab. St-Jean-de-Niost 490 hab. St-Maurice-de-Gourdans 1157 hab. Hières-sur-Ambre 835 hab. Charette 197 hab. St-Baudille-de-la-Tour 430 hab. Chavanoz 3834 hab. Loyettes 1713 hab. Vernas 117 hab. Pont-de-Cheruy 38. Optevoz 334 hab. Annoisin Chatelans 301 hab. Leyrieu 376 hab. Siccieu 301 hab. Cremieu 2409 hab.

CATTENOM 1. Mise en route le 13-11-1986

CATTENOM 2. Mise en route le 17-09-1987

CATTENOM 3. Mise en route prévue en 03-1990

CATTENOM 4. Mise en route prévue en 02-1991

Basse-Rentgen 213 hab. Puttelange-lès-Thionville 506 hab. Rodemack 650 hab.

Beyren-lès-Sierck 353 hab. Contz-les-Bains 450 hab. Rettel 506 hab. Malling 471 hab.

Hunting 474 hab. Koenigsmacker 1603 hab. Breistroff-la-Grande 320 hab. Erange 149 hab. Fixem 280 hab. Gavisse 318 hab.

Cattenom 2219 hab. Elzange 448 hab. Valmestroff 222 hab. Kuntzig 1690 hab.

Basse-Ham 2141 hab. Manom 1806 hab.

Yutz 15444 hab. Thionville 40573 hab. Hettange-la-Grande 5786 hab. Boust 685 hab.

Zoufftgen 664 hab. Roussy-le-Village 794 hab.

Kanfen 615 hab. Entrange 795 hab.

CHINON A1. Mise en route en 1963, déclassée en 1973

CHINON A2. Mise en route en 1965, déclassée en 1985

CHINON A1. Mise en route en 1967

"Déclassement prévu en 1994"

CHINON B1 Mise en route le 301182

CHINON B2 Mise en route le 291183

Chinon 8622 hab. Beaumont-en-Véron

2459 hab. Avoine 1800 hab. Savigny-en-Véron 1257 hab. St-Germain-sur-Vienne

364 hab. Varennes-sur-Loire 1840 hab.

L'île Bourdon 1796 hab. Chouzé-sur-Loire

2070 hab. La Chapelle-sur-Loire 1385 hab.

St-Nicolas-de-Bourgueil 1116 hab. Bourgueil 4136 hab. Restigué 1210 hab.

CHOOZ B1. Mise en route prévue en 03-1992

CHOOZ B2. Mise en route prévue en 08-1993

Givet 7587 hab. Foisches 190 hab. Fromelennes 1365 hab. Rancennes 609 hab.

Montigny-sur-Meuse 99 hab. Vireux-Wallerand 2035 hab. Charnois 79 hab. Landrichamp 166 hab. Aubrives 1022 hab.

Chooz 802 hab. Vireux-sur-Meuse 1936 hab.

Hierges 300 hab. Ham 6041 hab.

CREYS-MALVILLE. Mise en route le 14-01-1986

St-Victor-de-Morestel 637 hab. Brangues 369 hab. Arandon 391 hab. Groslée 267

hab. Courtenay 637 hab. Lhuis 640 hab. Mépiéu 289 hab. Innamond 82 hab. Mar-champ 106 hab. Lompons 126 hab. Bouvesse 1067 hab. Seillonnaz 120 hab.

CRUAS-MEYSSE 1. Mise en route le 29-04-1983

CRUAS-MEYSSE 2. Mise en route le 06-09-1984

CRUAS-MEYSSE 3. Mise en route le 14-05-1984

CRUAS-MEYSSE 4. Mise en route le 27-10-1984

Baix 961 hab. St-Léger-Bressac 491 hab.

Les Tourettes 461 hab. St-Bauzile 124 hab.

St-Vincent-de-Barres 330 hab. Cruas 2370 hab.

Condillac 88 hab. La Laupe 550 hab.

Sauzet 1335 hab. St-Marcel-lès-Sauzet 620 hab.

Savasse 1050 hab. Montélimar 29161 hab. Ancone 790 hab. Rochemaure 1789 hab. Meysse 708 hab. St-Martin 321 hab.

La Coucourde 563 hab.

DAMPIERRE 1. Mise en route le 23-03-1980

DAMPIERRE 2. Mise en route le 10-12-1980

DAMPIERRE 3. Mise en route le 30-01-1981

DAMPIERRE 4. Mise en route le 18-08-1981

St-Aignan-le-Jaillard 590 hab. Lion-en-Sullias 352 hab. St-Florent 390 hab. St-Gondon 683 hab. Pouilly-lès-Gien 2104 hab.

Nevoy 702 hab. Dampierre-en-Burly 909 hab. Ouzouer-sur-Loire 2039 hab.

FESSENHEIM 1. Mise en route le 06-04-1977

FESSENHEIM 2. Mise en route le 07-10-1977

Rumersheim-le-Haut 773 hab. Blodelsheim 1198 hab. Roggenhouse 397 hab. Fessenheim 2002 hab. Schaefferhoff 2913 hab.

Balgau 543 hab. Nambisheim 346 hab. Heiteren 574 hab. Geisswasser 174 hab. Dessenheim 830 hab. Obersaasheim 653 hab.

FLAMANVILLE 1. Mise en route le 04-12-1985

FLAMANVILLE 2. Mise en route le 18-07-1986

Le Rozel 282 hab. Les Pieux 2436 hab.

Tréauville 545 hab. Benoitville 416 hab.

Flamanville 1602 hab. Quetteville 221 hab.

Héauville 349 hab. Hellerville 211 hab.

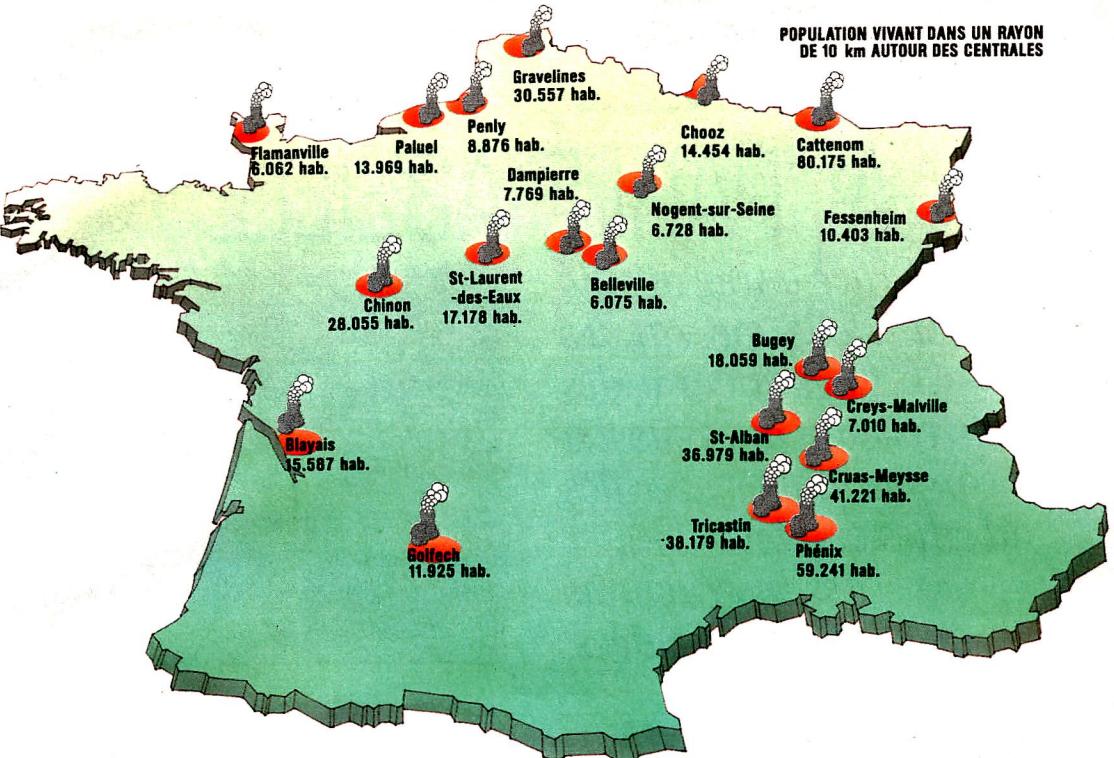
GOLFECH 1. Mise en route prévue en 03-1990



limite. Et le gouvernement britannique a réclamé des études supplémentaires pour l'ensemble de l'industrie nucléaire militaire et civile.

De son côté, le comité américain sur les effets biologiques des radiations ionisantes a publié peu

de temps auparavant le tome 5 de sa surveillance permanente : là encore, il est fait état d'une augmentation du risque relatif de leucémies dans la population de 5 villes situées à proximité de réacteurs nucléaires.



#### GOLFECH 2. Mise en route prévue en 01-1993

Bardigues 198 hab. St-Cirice 109 hab. Au-villar 807 hab. Sistels 146 hab. Dunes 769 hab. St-Loup 337 hab. Espalais 304 hab. Pommevic 403 hab. Goudourville-le-Bosc 735 hab. Donzac 588 hab. St-Nicolas-de-la-Balerme 324 hab. St-Sixte 260 hab. St-Romain-le-Noble 271 hab. St-Urcisse 114 hab. Clermont-Soubiran 236 hab. Lamagistère 1084 hab. Golfech 440 hab. Valence 4408 hab. Gasques 274 hab. Grayssas 118 hab

GRAVELINES B1. Mise en route le 13-03-1980

GRAVELINES B2. Mise en route le 26-08-1980

GRAVELINES B3. Mise en route le 12-12-1980

GRAVELINES B4. Mise en route le 14-06-1981

Grand-Fort-Philippe 6611 hab. Gravelines 11576 hab. Craywick 445 hab. Loon-Plage 5482 hab. St-Georges-sur-l'Aa 210 hab. St-Folquin 1754 hab. Oye-Plage 4479 hab.

NOGENT-SUR-SEINE 1. Mise en route le 21-10-1987

NOGENT-SUR-SEINE 2. Mise en route le 14-12-1988

Fontaine-Macar 392 hab. St-Aubin 349 hab. Pont-sur-Seine 994 hab. La Motte-Tilly 275 hab. Marnay-sur-Seine 203 hab. La Saulsotte 334 hab. Chalaute-la-Grande 383 hab. St-Nicolas-la-Chapelle 70 hab. Le Menriot 356 hab. Montpoulier 218 hab. Villenauxe-la-Grande/Soulaunoy 1818 hab. Barbuise 287 hab. La Villeneuve-au-Châtelot

121 hab. Crancey 928 hab.

PALUEL 1. Mise en route le 22-06-1984

PALUEL 2. Mise en route le 14-09-1984

PALUEL 3. Mise en route le 30-09-1985

PALUEL 4. Mise en route le 11-04-1986

St-Valery-en-Caux 5501 hab. Caillieville 188 hab. Néville 883 hab. St-Riquier-les-Plaines 459 hab. Ocqueville 344 hab. Saserville 157 hab. Cany-Barville 3202 hab. Paluel 443 hab. Vittefleur 736 hab. Malleville les Grès 144 hab. Veulette-sur-Mer 369 hab. Auberville-la-Manuel 145 hab. St-Martin-aux-Buneaux 696 hab. Butot-Vénerville 197 hab. Cauville 184 hab. Criquetot-le-Mauconduit 118 hab. Vinnemerville 203 hab

PENLY 1. Mise en route prévue en 03-1990

PENLY 2. Mise en route prévue en 11-1991

Grèges 594 hab. Ancourt 540 hab. Bellengreville 780 hab. Sauchay 374 hab. Derchin 379 hab. Glicourt 212 hab. Intraville 186 hab. Gouchaupré 150 hab. Tourville-la-Chapelle 409 hab. Brunville 105 hab. St-Ma. Berneval-le-Grand 893 hab. Penly 184 hab. Assigny 122 hab. Criel-sur-Mer 2155 hab

PHENIX. Mise en route en 1973

Montfacon 1153 hab. St-Genies-de-Comolas 1139 hab. St-Paul-les-Fonts 403 hab. Laudun 3759 hab. Caderousse 2007 hab. Codolet 433 hab. Orsan 968 hab. Chusclan 809 hab. Bagnols-sur-Cèze 17602 hab. Vénéjean 778 hab. St-Etienne-des-Sorts 432 hab. Piolenc 3259 hab. Orange 26499 hab.

ST-ALBAN 1. Mise en route le 30-08-1985

ST-ALBAN 2. Mise en route le 03-07-1986

Charnas 297 hab. Salaise-sur-Sanne 3352 hab. Limony 544 hab. Macias 1137 hab. Roussillon 7173 hab. Le Péage-de-Roussillon 6182 hab. Bessay 226 hab. Roisy 517 hab. Lupé 168 hab. Péluissin 2785 hab. Chavanay 1857 hab. Malleval 342 hab.

St-Pierre-de-Boeuf 1051 hab. Clonas-sur-Varize 703 hab. Auberives-sur-Varize 703 hab. Cheyssieu 566 hab. St-Alban-du-Rhône 490 hab. St-Clair-du-Rhône 3059 hab. St-Prim 599 hab. St-Michel-du-Rhône 503 hab. Chuyer 423 hab. Condrieu 3078 hab. Vérin 435 hab. Chenas l'Auballan 863 hab. La Chapelle-Villars 223 hab.

St-LAURENT-DES-EAUX A1. Mise en route en 1969, déclassé en 1990

St-LAURENT-DES-EAUX A2. Mise en route en 1971, déclassement prévu en 1992

St-LAURENT-DES-EAUX B1. Mise en route le 21-01-1981

St-LAURENT-DES-EAUX B2. Mise en route le 01-06-1981

Beaugency 7190 hab. Nouan sur Loire 3079, hab. Mer 5886 hab. Séris 255 hab. Crouy-sur-Cosson 461 hab. Muides-sur-Loire 884 hab. Courbouzon 307 hab.

TRICASTIN 1. Mise en route le 31-05-1980

TRICASTIN 2. Mise en route le 07-08-1980

TRICASTIN 3. Mise en route le 10-02-1981

La Garde-Adhémar 1077 hab. Clausayes 287 hab. St-Paul 3 Châteaux 132 hab. St-Restitut 630 hab. Bollène 12679 hab. Mondragon 2913 hab. St-Marcel-d'Ardèche 1465 hab. Bourg-St-Andéol 7400 hab. Pierrelatte 11596 hab.

Mais, sans doute, le lecteur français préférerait-il qu'on aborde les mêmes problèmes à propos de La Hague, de Fessenheim, de Tricastin, ou encore de Nogent.

Or, il se trouve qu'il est très difficile de savoir,

pour la France, le nombre exact et l'occupation des employés de l'industrie nucléaire, civile et militaire, leur irradiation annuelle (dose et débit de dose), le type de radionucléides auxquels ils sont exposés, leur lieu d'habitation autour des centrales, et leur (suite du texte page 170)

# ON A "PARLÉ ABEILLE"

*Grâce à une abeille artificielle, qui bat des ailes et vibre, des chercheurs ont réussi à communiquer avec des abeilles et à leur donner des instructions qu'elles ont exécutées.*



4

**I**n 1927, alors que Karl von Frisch (¹) commençait à déchiffrer le langage des abeilles, le biologiste anglais J. B. S. Haldane écrivait : « Nous serons un jour capables de dire à nos abeilles de féconder tels pommiers, situés à cinq minutes de vol vers le sud-est. Pour cela, nous aurons probablement besoin

(¹) Prix Nobel 1973, avec Nikolas Tinbergen et Konrad Lorenz.

d'une maquette d'abeille, capable de mouvements corrects et, peut-être, d'émettre le son et l'odeur appropriés. »

Soixante ans plus tard, cette prophétie est presque réalisée avec l'abeille électronique, qui traduit en langage d'abeille le langage des hommes.

Si l'on ne savait pas jusqu'ici comment le traduire, on connaissait assez bien le langage des abeilles. C'est von Frisch qui avait découvert qu'elles com-

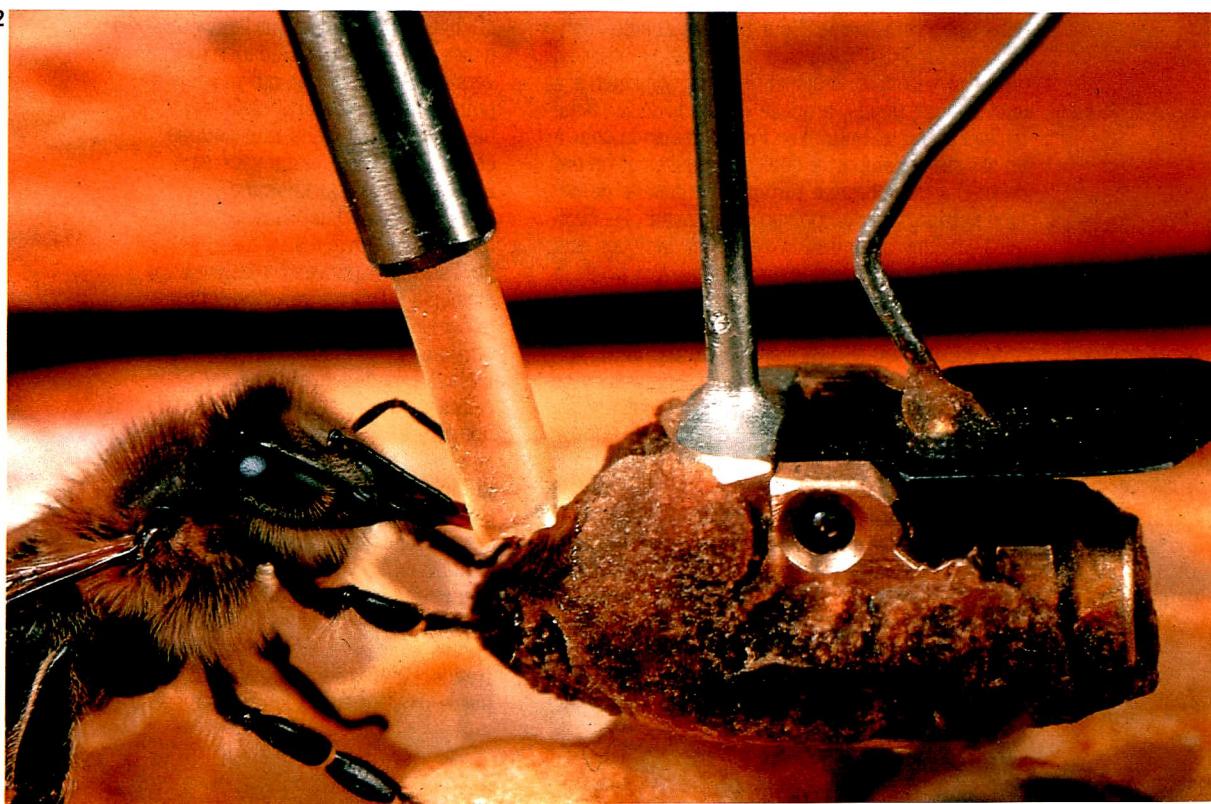
PAR JACQUES MARSAUT



1



3



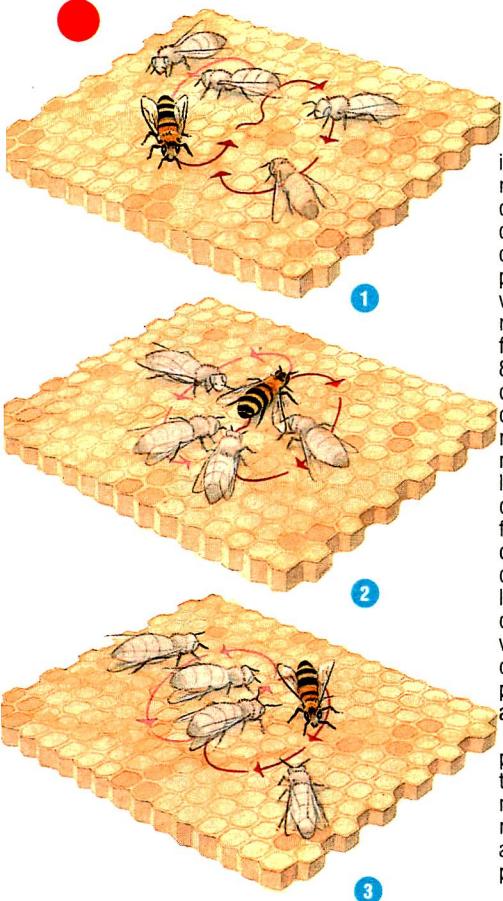
2

munissent entre elles par deux types de mouvements rythmiques ou "dances": les uns circulaires et les autres en forme de huit. La danse circulaire indiquait que la nourriture se trouvait dans un rayon de moins de 100 m, les danses en huit beaucoup plus loin (*voir dessin p. 64*).

La communauté scientifique internationale refusa de croire à cette extraordinaire découverte jusqu'à ce que von Frisch en apporte inopinément la preuve.

C'était au cours d'une tournée de conférences aux Etats-Unis, où il ne rencontrait, comme toujours, que scepticisme. Von Frisch voulut montrer à ses auditeurs les danses des abeilles sur un rayon de cire situé

**Le langage des aliments** C'est en nourrissant ses congénères que l'abeille qui revient à la ruche les informe sur le type de fleurs qu'elle a trouvées dans la nature (1). Et c'est par sa danse (*voir dessin p. 64*) qu'elle les renseigne sur l'endroit où se trouve le butin. Ce double rôle d'information est très bien rempli par le robot-abeille (2), et les ouvrières se comportent avec lui comme elles le font avec une consœur revenant des champs. Il est actionné par un dispositif complexe (3-4 — voir fonctionnement p. 62) et relativement volumineux mais qui n'est jamais au contact des insectes de la ruche.



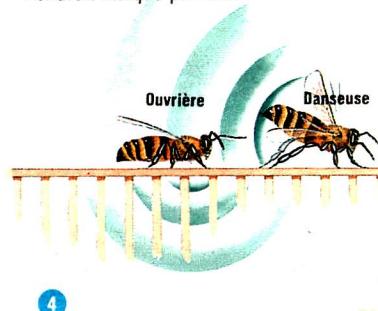
## LE ROBOT QUE LES ABEILLES ONT COMPRIS

L'abeille qui a découvert des fleurs intéressantes à butiner revient à la ruche pour en informer l'essaim. Pour cela, elle exécute sur le rayon une danse bien particulière en forme de 8 couché (1-2-3, voir aussi dessin p. 64) que les ouvrières présentes savent interpréter pour connaître la direction dans laquelle se trouvent les fleurs à butiner : entre l'axe central du 8 et la verticale il y a le même angle qu'entre la direction du Soleil et celle des fleurs à butiner (dans la ruche, les rayons sont disposés verticalement, mais nous les avons représentés ici à l'horizontale pour la commodité du dessin). En même temps, la danseuse fait vibrer ses ailes tout en décrivant des zigzags avec son corps. Autant d'informations sur la distance à laquelle se trouve le butin et l'importance de celui-ci. Derrière la danseuse, les ouvrières doivent se tenir très près, pour capter avec leurs antennes l'air pulsé par ces vibrations, car il est très vite amorti avec la distance (4).

Les ouvrières, maintenant toutes proches, demandent à goûter l'échantillon rapporté par la danseuse. Comment ? En frappant à répétition le rayon avec leur thorax. Les vibrations ainsi produites sont captées par les pattes de la danseuse, qui partage

alors avec elles ledit échantillon. Ce qui informe les ouvrières sur la nature des fleurs qu'elles sont invitées à aller butiner, et sur la qualité du nectar.

L'abeille électronique (5) fabriquée par les quatre chercheurs danois et allemands sait faire tout ce que fait la danseuse : grâce à un électroaimant (5a) elle fait vibrer son aile d'acier (5b) aux mêmes cadences, un micromoteur (5c) lui permet de se déplacer, de frétiler et de dessiner des 8 avec son corps, et une micropompe (5d) lui fait distribuer aux vraies abeilles du sirop parfumé (5e). Ainsi, les chercheurs ont pu "parler" aux vraies abeilles et s'assurer qu'elles ont bien compris leurs messages en vérifiant, par exemple, si elles sont bien allées butiner à l'endroit indiqué par eux.



dans une ruche vitrée. Pour que les abeilles dansent, encore fallait-il qu'elles aient quelque chose à dire. Par exemple, indiquer à leurs congénères à quel endroit précis, à quelle distance de la ruche trouver tel ou tel butin. Von Frisch demanda donc à un assistant d'emporter quelques abeilles et un pot de miel à une certaine distance de la salle de démonstration. Comme prévu par le savant, les quelques abeilles en question revinrent indiquer aux autres où se trouvaient le pot de miel. A la fin de la conférence, von Frisch désira reprendre ce pot de miel, mais l'assistant était rentré chez lui !

Alors, devant les auditeurs amusés, Mme von Frisch dit à son mari : « Puisque tu comprends ce que disent les abeilles, demande-leur donc, à elles, où est le pot de miel. »

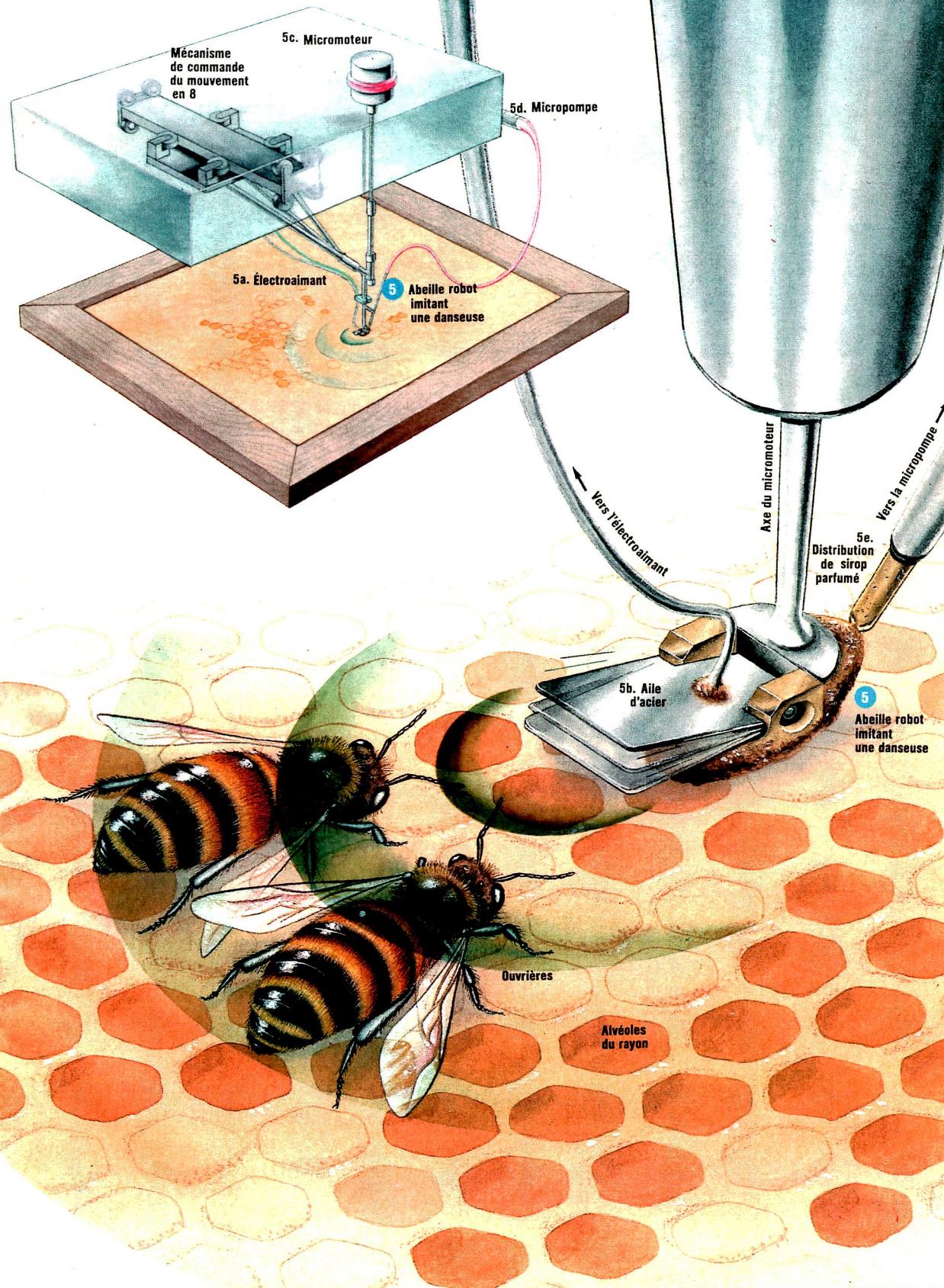
Muni d'un chronomètre, pour mesurer le rythme de la danse, et d'un rapporteur, pour évaluer l'angle fait avec la verticale par le corps de la danseuse, le savant détermina alors l'endroit. Sur ses indications précises, des auditeurs partirent donc à la recherche du pot de miel et le rapportèrent, triomphants. Von Frisch refit d'ailleurs cette démonstration à plusieurs reprises.

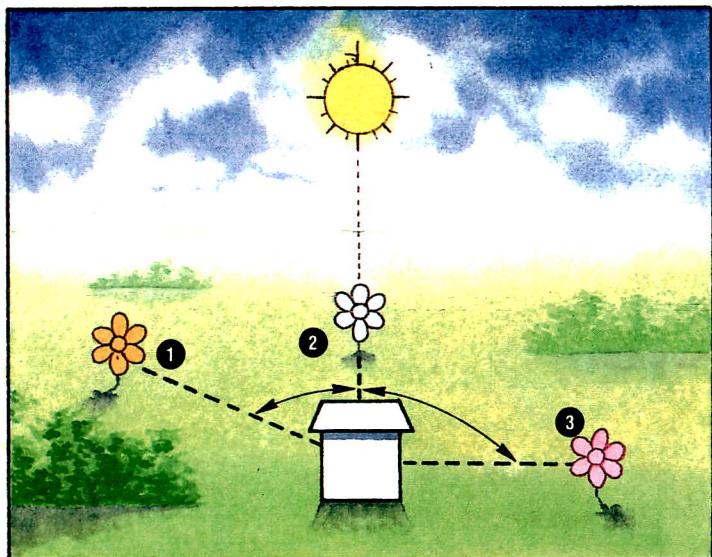
On vient d'aller un peu plus loin avec l'abeille électronique. Ce sont des Danois et des Allemands,

Michelsen et Andersen, de l'université d'Odense, et Kirchner et Lindauer, de l'université de Wurzbourg, qui ont mis au point cette abeille artificielle capable de transmettre des informations et de diriger des butineuses vers un point choisi par l'homme.

Ils ont fondé leurs travaux sur les données suivantes. Le message de l'abeille comprend plusieurs éléments : d'abord, le rythme de la danse, qui est inversement proportionnel à la distance ou, du moins, à la dépense d'énergie nécessaire pour atteindre la source de nourriture. Puis, la direction, indiquée par l'angle fait entre la direction du Soleil et celle de la nourriture (*voir dessin p. 64*).

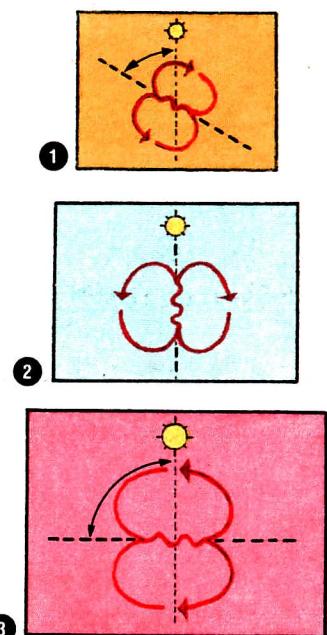
Cet angle, dans la ruche, est remplacé, comme on l'a vu dans la démonstration de von Frisch, par celui que l'axe du corps de la danseuse fait avec la verticale (rappelons que les rayons sont verticaux), au moment où son corps frétille. Puis les sons, très importants, qui sont émis par le frétillement et le bruissement des ailes.





## SUIVEZ LE PLAN

Pour indiquer aux ouvrières où se trouve le butin qu'elle vient de découvrir, l'abeille décrit sur le rayon un couché orienté de telle sorte que la barre qui sépare les deux lobes du 8 fasse avec la verticale (dans une ruche les rayons sont verticaux) le même angle que fait la direction du butin avec la direction du Soleil. Ainsi, la danse 1 indique la direction du massif de fleurs orange ; la 2, celle du massif bleu ; la 3, celle du massif rose. Lorsque le butin se trouve entre la ruche et le Soleil, la barre du 8 est dessinée de bas en haut ; et de haut en bas lorsque Soleil et butin sont de part et d'autre de la ruche.



Enfin, la danseuse distribue aux ouvrières qui s'intéressent à son message une partie du nectar parfumé qu'elle a rapporté de son exploration ; il s'agit là d'une information chimique.

Il a fallu que la nouvelle abeille mécanique tienne compte de tout cela. Et qu'est donc cette fausse abeille ? Un minuscule mannequin de cuivre, recouvert de cire rappelant grossièrement la forme de l'abeille, et munie d'une aile construite avec un fragment de lame de rasoir.

Des micro-commandes reliées à des micro-moteurs que l'on programme permettent de faire effectuer au robot la danse caractéristique, dite "danse en huit", en faisant varier l'axe du robot par rapport à la verticale, au moment opportun. L'aile artificielle, quant à elle, vibre grâce à un électro-aimant, et émet les mêmes fréquences que celles d'une abeille véritable.

Enfin, une petite pompe envoie, à intervalles réguliers, une petite quantité de sirop de sucre parfumé, qui récompense les ouvrières s'intéressant au robot (*voir photo p. 60*).

Avant d'être mis en mouvement, ce robot a été discrètement placé dans la ruche, afin qu'il s'imprégne de son odeur ; ainsi évite-t-on les manifestations d'agressivité qu'auraient eues normalement les habitantes vis-à-vis de l'intruse.

Pour la première fois, on a obtenu avec ce dispositif des résultats concluants. Le robot-abeille est capable d'indiquer une source de nourriture inconnue aux véritables abeilles. La transmission est sans doute moins fine que celle qui se fait normalement entre les ouvrières, mais, néanmoins, elle existe.

**Jacques Marsault**



# ECHOS DE LA RECHERCHE

TRANSPORTS & MÉDECINE

## Les dangers du voyage aérien

*Un certain nombre de compagnies aériennes ont totalement interdit de fumer sur leurs vols intérieurs. Cette décision prohibitionniste procède du désir de protéger les voyageurs contre les effets néfastes du tabac, dont le cancer du poumon.*

Un récent rapport du Département américain des transports indique que ceux qui ont peur du cancer feraient aussi bien de ne pas prendre l'avion du tout, ou, en tout cas, de le prendre le moins souvent possible : le seul fait de prendre l'avion expose en lui-même au cancer, du fait des rayons gamma que le voyageur reçoit en haute altitude.

Il y a une quinzaine d'années, on avait tenté d'estimer l'effet de ces rayons gamma sur le voyageur et, encore plus, sur le personnel navigant. On avait conclu qu'il n'était pas supérieur à celui qu'on encourrait en voyageant pendant vingt ans dans une cabine enfumée. Notons au passage qu'il est bien difficile d'enfumer une cabine en avion, étant donné que la climatisation renouvelle constamment l'air ; bref ! On avait alors établi une moyenne de 59 décès supplémentaires sur 100 000 voyageurs.

**Le site de fixation du virus VIH du sida** au récepteur CD4 des cellules immunitaires a été localisé dans la glycoprotéine gp 120 par le Pr Luc Montagnier, de l'Institut Pasteur. Il est relativement constant, quelles que soient les souches du virus, et il peut donc servir de base à un vaccin. Mais il est peu immunogène, c'est-à-dire qu'il ne déclenche pas de réaction immunitaire importante, et c'est pourquoi l'on travaille actuellement à le rendre plus immunogène en l'insérant dans des virus qui, eux, le sont. De la sorte, on obtiendrait une réaction qui le détruirait dans le virus même VIH (voir page 52).

Las, la vérité est beaucoup plus alarmante : c'est 17 fois plus de décès par cancer qu'il faut imputer au rayonnement gamma : 1 000. Du coup, l'interdiction de tabac prend un caractère assez dérisoire.

Pour se faire une idée de ces risques, il faut savoir que sur 100 000 membres du personnel navigant qui feraient l'aller et retour entre New York et Seattle (quatre heures de vol) 98 fois par an, c'est-à-dire un peu moins d'un jour sur trois, pendant vingt ans, il en aurait 1 000 qui mourraient du cancer. Mais s'ils ne faisaient qu'un voyage par semaine environ, il n'y aurait que 500 morts. 37 voyages annuels allers et retours par la route polaire entre Tokyo et New York entraîneraient 1 200 morts.

Bien évidemment, les risques varient selon les altitudes : on court moins de risques quand on fait de l'aviation de tourisme que lorsqu'on prend un moyen-courrier, qui vole à quelque 8 000 m, et l'on en prend moins en moyen-courrier qu'en long-courrier, à quelque 12 000 m. Plus on monte, plus on est près non des beautés célestes, mais des sources de gamma, qui sont moins filtrées par l'atmosphère.

Ces considérations pourraient n'être que des artefacts statistiques ; ce n'est pas le cas, car l'Air Line Pilots Association américaine, par exemple, dénonce des taux de mortalité par cancer beaucoup plus élevés parmi ses membres que dans la moyenne "terrestre" de la population. Un article dans le nu-

méro d'avril de *The Aerospace Medical Journal* signale que, parmi le personnel navigant de la Canadian Airlines qui est en fonction depuis 1950, on relève des taux anormaux de cancers du cerveau et du rectum, ainsi que des lymphomes. C'est pourquoi, depuis plusieurs mois, les personnels des compagnies américaines Delta, American Airlines et United Airlines, ainsi que ceux de la Lufthansa et de Britannia Airlines ont fait installer à bord des compteurs de radiations.

Reste à savoir si les cancers en question sont dus aux seules radiations gamma, ou bien, ce qui n'est pas exclu par certains médecins, à la combinaison de ces radiations et de forts champs électromagnétiques. Evidemment, on pourrait abaisser beaucoup les altitudes des avions de ligne. Lindbergh a bien traversé l'Atlantique à une centaine de mètres au-dessus pendant une bonne partie du voyage. On voit mieux le paysage. Mais c'est moins confortable, car les turbulences sont beaucoup plus fortes. On pourrait, aussi bien, remplacer les voyages en avion par des voyages en bateau. C'est plus long, et il y a les icebergs... **G.M.**

**Le piment rouge** contient une substance active, la capsaïcine, sur les terminaisons nerveuses : il les désensibilise, par exemple dans les cas d'arthrite et de zona. On essaie d'en tirer un médicament calmant pour la toux.

## DIÉTÉTIQUE

## Café, soupe aux poireaux, vessie et lanternes

La frénésie des recherches, des études épidémiologiques et des avertissements sur le rôle du café dans l'alimentation et la santé atteint une intensité sans précédent. Il ne s'écoule plus de semaine sans que quelqu'un arrive avec des conclusions nouvelles qui démentent les précédentes.

C'est ainsi que l'Organisation mondiale de la santé, d'ordinaire plus réservée, s'est à son tour lancée dans l'affaire du café pour offrir des "indications" selon lesquelles le café protégerait contre les cancers du côlon et du rectum, mais inclinerait au cancer de la vessie.

Ce n'est pas la première fois qu'on avance ce genre d'"indications". La dernière remonte à 1982. Or, une vaste étude de la Food and Drug Administration, du National Cancer Institute des Etats-Unis et de l'Environmental Protection Agency américaine avait conclu que le café tendrait plutôt à réduire les cancers de la vessie. A propos de vessie, il y a des lanternes qui devraient être mieux éclairées. On finit par se demander si le seul moyen de justifier des dépenses de fonds pour des recherches de ce genre ne consisterait pas à reprendre les vieux soupçons à zéro. Nous suggérons ainsi aux chercheurs du monde entier qui souhaitent obtenir des budgets un thème de recherche : « Le beurre fait-il vraiment grossir ? » La recherche d'un remède contre le sida serait encore plus indiquée.

Bref ! L'OMS soupçonne aussi le café et le thé de donner le cancer de l'œsophage parce qu'on les boit chauds... C'est assez curieux comme conclusion, en 1990, parce que cela fait quelque trente ans qu'on sait que l'habitude d'avaler ses boissons très chaudes est mauvaise pour l'œsophage. Ce ne sont ni le café ni le thé qui en sont causes ; l'indication s'étend à toutes les boissons, y compris le potage aux poireaux.

G.M.

## PSYCHANALYSE

## Les interventions sentimentales de Sigmund Freud

*Une révélation dont se seraient sans doute passés les tenants de la psychanalyse est que Sigmund Freud, qui fut le plus célèbre des fondateurs de cette discipline, se permit d'intervenir directement dans les vies de deux de ses patients, ce qui serait aujourd'hui considéré comme une grave entorse à la déontologie classique.*

Les faits, qui ont été partiellement portés à la connaissance du public par Frank Sulloway, historien au Massachusetts Institute of Technology, sont les suivants. En 1922, sur les instances pressantes de Freud, le Dr Horace Frink, psychiatre américain qui était en cours d'analyse chez lui, divorça pour étudier une de ses anciennes patientes, Angelika Bijur, qui était très riche. Selon Freud, il n'y avait que le divorce d'avec la première femme de Frink et le mariage avec Mme Bijur qui pût avoir raison de l'"homosexualité latente" de Frink. Mme Bijur était mariée ; Freud la pressa de divorcer pour épouser Frink, arguant que, si elle refusait, celui-ci se transformerait probablement en un homosexuel à part entière, bien que ce fût « sous une forme hautement déguisée ».

Pour agraver son cas, Freud suggéra à Frink de verser une somme importante au Fonds psychanalytique, quand il serait devenu riche. Mais il dut sentir passer le vent du boulet quand M. Bijur adressa à Freud une lettre où il exprimait, naturellement, son mécontentement et dans laquelle il lui demandait de quel droit il se proposait de briser son mariage. Frink menaça de publier cette lettre en placard publicitaire dans un journal de New York. L'effet en eût été déplorable.

Sulloway, par ailleurs, confirme ce que Jung avait déjà révélé en

1925. Dans son essai sur l'hystérie, Freud prétendait avoir brillamment "guéri" une certaine Anna O., ce que son disciple, Breuer, n'avait pu faire. Jung rapporta une confession de Freud selon laquelle Anna O., de son vrai nom Bertha Pappenheim, n'avait pas été guérie. Il y a une vingtaine d'années, le psychiatre américain Henri Ellenberger retrouva Bertha Pappenheim dans le sanatorium où elle était entrée après le traitement de Breuer. Les documents exhumés par Sulloway indiquent que Freud a truqué ses données.

D'autres révélations aussi peu édifiantes devraient suivre, au grand mécontentement des freudiens, qui estiment que c'est là une tentative de déboulonnage maléfique.

G.M.

## SÉCURITÉ

## L'argent involable

Si les gangsters savaient que l'argent saisi dans un hold-up va automatiquement s'autodétruire, sans doute y réfléchiraient-ils à deux fois avant de prendre des risques. Tel est l'idée exploitée par un Suédois, Gunnar O. Persson, de la société SPC, de Stockholm : il a imaginé et mis au point un système dans lequel l'argent est transporté dans des cassettes de conception spéciale, comportant un circuit électrique. Ces cassettes sont placées, dans un délai déterminé, sur une étagère spéciale dans le véhicule convoyeur. Si on arrache l'un de ces coffrets, il dégagé de la fumée et les billets de banque à l'intérieur sont teintés et irrémédiablement perdus.

G.M.

## Des maisons de parents à l'hôpital

Chaque année, 10 000 enfants sont hospitalisés dans les hôpitaux de l'Assistance publique de Paris. 75 % d'entre eux viennent de l'étranger ou de province. Pour les parents, qui souhaitent rester proches de leurs enfants en long séjour hospitalier, il y a des quartiers prévus pour leur accueil, les maisons de parents.

Cette proximité, affectivement désirable, a aussi un effet bénéfique sur les enfants : ils guérissent plus vite quand ils sont entourés que lorsqu'ils sont seuls. Or, les maisons de parents ne suffisent plus : la maison unique de l'hôpital Bicêtre, par exemple, craque, victime de son succès. Il faut donc, dans l'immédiat, aménager quatre maisons similaires dans les hôpitaux de l'AP de Paris : Bicêtre, certes, mais aussi Trousseau, Saint-Vincent-de-Paul et Necker-Enfants-Malades. La Fondation des hôpitaux de Paris lance à cet effet un appel de fonds de 9,4 MF. L'Ordre de Malte a pris en charge le financement de celle de Necker-Enfants-Malades ; reste donc les trois autres. Pour adresser ses dons, sous forme de chèques, il faut les libeller à l'ordre de la Fondation de France et les poster au Bureau de la Fondation Hôpitaux de Paris, 3, av. Victoria, 75100 Paris.

**Un rapport entre vasectomie et cancer du testicule ?** C'est le soupçon que suscite une récente étude anglaise, qui relève un taux anormal de ce type de cancer, normalement très rare, chez les vasectomisés.

**Un nouvel additif alimentaire en vue,** c'est l'ALC, pour acide linoléique conjugué, substance qu'on trouve dans des aliments aussi divers que le bœuf grillé, les oranges et l'huile d'olive. C'est un anti-oxydant, existant sous neuf formes différentes, qui présente des propriétés anticancéreuses : il a réduit de moitié les taux de cancers dans une population de souris, par rapport à un groupe témoin. Il aurait également une action anti-arthritique.

## Qu'est devenue la schizophrénie ?

Une étude statistique des cas de schizophrénie en Grande-Bretagne, en première admission et en réadmission psychiatriques, de 1950 à 1985 montre le déclin le plus évident pour les premières admissions.

Cette étude a été publiée par *The Lancet* (vol 335, n° 8688).

Elle indique, de l'avis de plusieurs auteurs, qu'il y a un réel déclin de la schizophrénie, déclin si prononcé qu'un des spécialistes, Mahendra, pose la question : « Où sont donc passés les catatoniques ? », la catatonie étant une des manifestations de la schizophrénie telle que l'étudièrent un Charcot et un Janet.

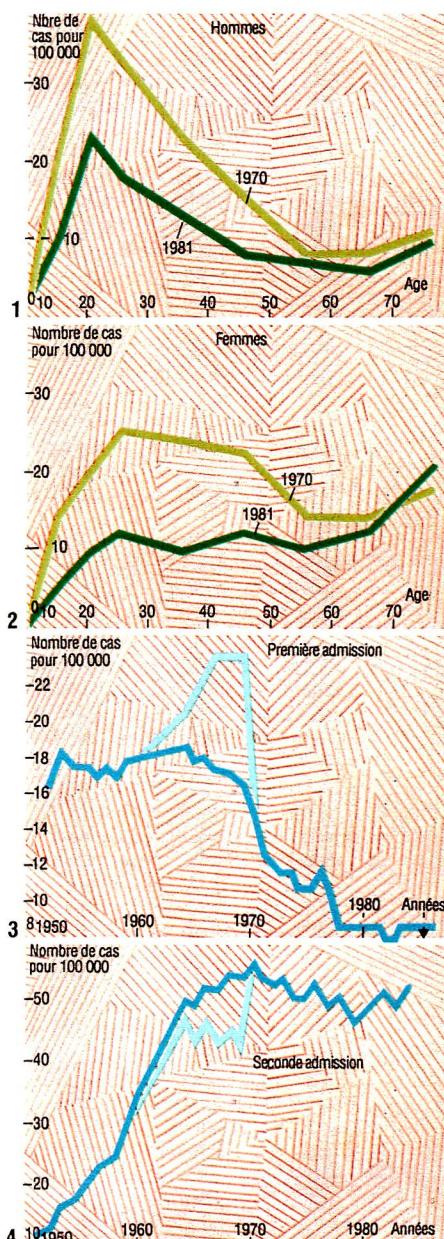
Certes, les psychiatres posent mieux leurs diagnostics depuis quelque trente ou quarante ans. L'utilisation du lithium a permis d'établir que certains cas, qui semblaient relever de la schizophrénie, appartenaient en fait à la psychose maniaco-dépressive.

Toutefois, le meilleur indice de la réalité de la maladie est que les taux de réadmission, eux, n'ont pas varié. En bref, on a autrefois appelé schizophrénie des affections mentales qui n'en étaient pas.

Mais il semble bien que, par ailleurs, il y ait une composante socio-culturelle dans la schizophrénie. Le pic pourrait bien en avoir été atteint au XIX<sup>e</sup>, au moment de l'industrialisation de l'Occident, qui imposait aux populations des stress d'adaptation excessifs, mal subis par les sujets les plus défavorisés au point de vue socio-culturel.

Une autre étude sur les taux de première admission pour les hommes et les femmes, par tranches d'âge, au cours de la décennie 1970, indique que la schizophrénie atteindrait un pic chez les hommes seulement vers vingt ans, puis qu'elle décroîtrait, pour amorcer une remontée à partir de 65 ans. Il est possible que, là encore, des stress d'adaptation puissent influer l'expression de la maladie, sans pour autant en remettre en question la réalité neuro-anatomique. G.M.

Les taux de premières admissions hospitalières, pour schizophrénies et paranoïas, apparaissent sur les courbes 1 et 2 : entre 1970 et 1981, la baisse est évidente pour la tranche d'âge comprise entre 10 et 55 ans. Les courbes 3 et 4, qui ne portent que sur les hommes, montrent l'évolution des taux de premières et secondes admissions entre 1950 et 1985 — les lignes foncées donnent les taux corrigés en fonction des vraies et fausses schizophrénies et paranoïas.



## Bruno Bettelheim (1903-1990) : la forteresse écroulée

*Qu'un homme tel que Bruno Bettelheim, qui se voulait spécialiste de l'autisme infantile, se suicide à quatre-vingt-sept ans, cela dérange encore plus qu'un autre suicide.*

Cela laisse aussi un goût particulièrement amer en ce qui concerne Bettelheim, parce que cette auto-destruction scelle par ailleurs un constat d'échec. Et d'un échec qui entraîna bien des souffrances.

Quand, dans les années soixante-dix, Bettelheim annonça qu'il avait trouvé la clef de l'autisme infantile, qu'il avait les moyens de le soigner et que le déclenchement et les soins de cette maladie dépendaient de la tendresse et de la disponibilité parentales, il bénéficia d'un retentissement international, et formidable, des médias. La vague "psy" atteignait alors son pic et l'engouement soudain pour Bettelheim obnubila le sens des réalités. Que la bonté put avoir raison d'une maladie aussi pénible que l'autisme, quelle âme simple n'y eût souscrit !

Bettelheim affirmait que les parents d'enfants autistiques étaient affectivement responsables de la maladie de leur enfant et qu'il ne fallait reculer devant aucun sacrifice pour tenter de placer l'infortuné enfant aux soins de la méthode Bettelheim.

Discours déjà suspect, car tous les enfants autistiques du monde ne pouvaient accéder au Dr Bettelheim, et, non content d'avoir culpabilisé les parents qui avaient donc causé la maladie par leur manque d'affection, il désespérait de surcroît tous les autres, ceux qui ne pouvaient s'offrir ses soins.

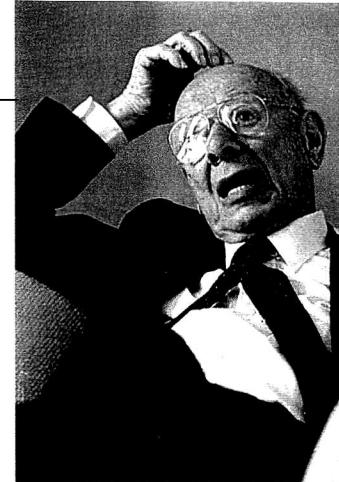
C'était grave, mais plus grave encore était l'inanité du discours bettelheimien : plusieurs travaux ont fait la preuve de la nature biologique, innée, de la maladie (voir *Science & Vie* n° 786 et 812), et toute la tendresse du monde ne peut empêcher la distorsion du fragment de gène responsable. L'affection peut diminuer un peu

l'aspect le plus aigu de l'isolement que constitue l'autisme, mais les faits sont implacables : certains de ces enfants atteindront l'âge de cinq ans sans avoir acquis la parole, et l'évolution sera mauvaise. Et, parmi ceux qui arriveront à la possibilité d'un échange verbal avant cet âge, un sur six, d'après les récentes statistiques, pourra atteindre à une certaine intégration sociale à l'âge adulte, voire avec la possibilité d'une activité professionnelle.

On sait de nos jours que cette évolution est programmée dans les caractéristiques biologiques de la maladie, qui diffèrent d'un cas à l'autre. Et l'on cherche, dans plusieurs pays, des moyens d'intervention médicamenteux et psychologiques. Car la psychologie joue sans doute un rôle : l'environnement peut, s'il est favorable, déclencher des réactions : bien-être, apaisement, stimulation, qui correspondent à des sécrétions dans le cerveau, variables d'un cas à l'autre.

Mais, contrairement à ce que Bettelheim laissait croire, rien n'est au point : on n'en est qu'à la recherche, et l'on s'y active depuis une quinzaine d'années. Mais cette recherche-là, Bettelheim s'y était montré imperméable.

Bettelheim avait publié des résultats positifs ; l'ennui est que certains portaient sur des cas d'enfants qui n'étaient pas atteints d'autisme infantile, maladie bien identifiée biologiquement mais dont le diagnostic n'est pas toujours bien fait ; c'est ainsi qu'un état névrotique aigu, voire une surdité non reconnue peuvent faire croire à un autisme. Un petit nombre des enfants traités par Bettelheim étaient peut-être autistiques, mais relevait de ce faible pourcen-



tage évoqué plus haut, où l'évolution avec l'âge est plus favorable. Dans tous les autres cas d'autisme vérifié, Bettelheim n'a obtenu aucune amélioration.

La pirouette, pour user d'un euphémisme, consistait à laisser croire que tous les enfants traités étaient atteints du même autisme. Dans ce cas, même un petit nombre d'améliorations peut donner de l'espoir, mais pour des raisons fallacieuses. Espoir cruel : que de parents ont attendu l'impossible !

Et pourtant, c'est un étonnant cortège de péans que la mort de Bettelheim a suscité dans la presse française ! On salut un "pionnier" disparu, sans guère faire état de l'échec formel de sa théorie. Tout au plus certains représentants de l'"établissement psy" admettent-ils que les théories de Bettelheim « ont été contestées ». Nous admettons volontiers qu'il soit pénible pour eux de se désavouer, mais enfin, il ne s'agit pas de "contestation", mais d'un démenti formel.

Il y a une douzaine d'années, la télévision française s'était faite l'écho des "miracles" de Bettelheim. Une série d'émissions bouleversa les parents d'enfants malades. Nous avons alors publié une mise au point ; le courrier abonda et apporta des témoignages déchirants du désespoir causé par les préentions de l'Institut Bettelheim. On peut craindre que ceux auxquels notre mise au point a échappé ne retombent à nouveau dans le découragement, puisque Bettelheim est mort.

C'est pourquoi nous affirmons de nouveau bien haut que l'autisme est d'origine génétique. Et que si l'amour parental est toujours nécessaire, la culpabilité inutile, elle, est toxique.

Dr J.R.

## La nocivité des glutamates

Une information, publiée dans notre n°858, sur la nocivité des glutamates nous a valu un volumineux courrier des producteurs de glutamates alimentaires, nous priant de faire savoir que la toxicité desdits produits sur le système nerveux ne pouvait pas provenir des glutamates alimentaires.

Tel n'est apparemment pas l'avis du Telcad, club des dermatologues français, parrainé par les laboratoires Merrill Dow France, qui a publié, dans le n° 50 de notre confrère spécialisé *Impact médecin*, les informations que voici sur des phénomènes consécutifs à l'ingestion de glutamate de sodium dans un repas de cuisine asiatique : « Flush facio-tronculaire sans prurit, sen-

sation de tension et de brûlure au niveau du visage, oppression thoracique, céphalées, voire nausées. Ces manifestations sont dues à la présence dans la cuisine asiatique de fortes quantités de glutamate de sodium utilisé comme relevage de goût. L'hypothèse d'un mécanisme allergique, proposée par certains auteurs, n'est pas admise par tout le monde. En fait, le glutamate provoquerait une augmentation transitoire du taux d'acetylcholine, » écrit donc un dermatologue qui signe Dr A. B. Dans sa réponse, un expert de Telcad écrit spécifiquement : « Le mécanisme n'est pas d'ordre allergique, mais en relation avec l'effet du glutamate sur le système nerveux cholinergique. »

La multiplication des rapports sur des malaises provoqués par le glutamate (pouvant aller jusqu'à une perte de connaissance) et les travaux que nous avons rapportés en leur temps sur la toxicité nerveuse du glutamate ont, aux Etats-Unis, induit la Food and Drug Administration à imposer que soit signalée en termes clairs la présence de ce produit dans les aliments traités industriellement. La décision a été également prise en raison de l'intervention de chercheurs de renom de la Society of Neurosciences américaine. Jusqu'ici, cet additif n'était mentionné que sous le terme vague d'"arôme végétal".

G.M.

## Le festin des acariens

Toute maison comprend des hôtes qui échappent au recensement, et ce sont des acariens, arachnides minuscules, comme l'infâme sarcopte de la gale et les aouïts. Ils prolifèrent partout, dans la poussière et les "moutons" qu'on trouve sous les meubles, dans les tentures, les sièges, et surtout les lits. Ce n'est pas sur les doigts d'une main qu'on les compte : un lit conjugal peut en abriter quelque deux millions...

Tant qu'on ne les voit pas et qu'il ne font pas de mal, dira-t-on, il n'y a qu'à les laisser vivre. Mais c'est qu'ils peuvent faire du mal, comme l'a indiqué, il y a une vingtaine d'années, le groupe dirigé à l'université de Leyde par Reindert Voorhorst : la famille des pyroglyphidés, en particulier, dont les représentants ne mesurent pas plus d'un tiers de millimètre, peut déclencher des allergies, de l'asthme, des rhumes des foins. Une variété des pyroglyphidés, le *Dermatophagoïdes pteronyssinus*, produit jusqu'à 6 allergènes différents, rapporte un article de notre confrère britannique *New Scientist* (3 mars 1990). Beaucoup d'allergies, dé-

mangeaisons et crises d'asthme d'origine inconnue sont en fait dues aux acariens.

De quoi se nourrissent donc ces hôtes indésirables ? De tous les débris biologiques que laisse tomber un être humain, cellules de peau desquamées, traces de sécrétions et, révèle indiscrètement le *New Scientist*, le sperme.

Les mesures à prendre pour en réduire le nombre sont celles mêmes de l'hygiène de base : aérer

les lits, changer fréquemment la literie, prendre quotidiennement un bain. Les acariens vivent en grand nombre sur la peau, notamment dans les cheveux, les barbes et les sourcils. Par ailleurs, les acariens n'aiment ni la chaleur ni la sécheresse, et il est recommandé de tenir donc ses lits secs ou, tout au moins, de chauffer les chambres à coucher. On recommande aussi de passer très fréquemment l'aspirateur sur les literies.

G.M.



## SOS lapins, le VHD sévit en France

*A peine sauvés de la myxomatose<sup>(1)</sup>, et encore, les lapins sont menacés par une nouvelle maladie, plus foudroyante : la "maladie hémorragique virale du lapin" ou VHD (Viral Hemorragic Disease).*

Les premiers cas semblent être apparus dans l'est de la Chine, près de la ville de Vuxi, dès le printemps de 1984, et plusieurs rapports scientifiques chinois publiés à cette époque font état d'une pneumonie hémorragique du lapin. Entre 1986 et 1988, les cas se multiplient en Italie, en Espagne, en Hongrie, en France et jusqu'au Mexique. Au congrès de Budapest en 1988 puis à Vérone, dans le cadre de la Foire agricole internationale, les plus grands spécialistes mondiaux de virologie s'efforcent de définir une stratégie.

A la différence de la myxomatose, la VHD touche également les lièvres. L'animal atteint par la maladie subit une perte brutale de vitalité et d'appétit, cependant que surviennent des difficultés respiratoires avec parfois une augmentation de la température corporelle et des troubles de la vision pouvant aller jusqu'à la cécité. Enfin, secoué de convulsions, il pousse quelques cris avant de s'écrouler foudroyé. Un peu de sang s'écoule du nez. En deux ou trois jours, de 80 à 90 % de la population adulte se trouve décimée. Les animaux qui résistent au premier assaut de la maladie restent immunisés. Par ailleurs, les lapereaux, jusqu'à l'âge de cinq ou six semaines, ne sont pas touchés. On pense que la contamination est liée à l'absorption d'herbe infectée par les urines ou les cadavres des animaux malades, sans cependant exclure une éventuelle inoculation du virus par un insecte piqueur, voire son transport par l'atmosphère.

Les analyses effectuées au microscope électronique ont, en

effet, révélé la présence d'un virus. Un premier vaccin a pu être mis au point à partir de broyats d'organes dilués et inactivés par du formol. Quoique fort loin de présenter toutes les garanties de fiabilité, il est utilisé actuellement en Chine. La Hongrie, quant à elle, en limite l'utilisation à ses zones frontalières. La France s'est prudemment contentée d'en autoriser l'expérimentation. En fait, un vaccin fiable ne pourra voir le jour tant que l'on ne sera pas parvenu à isoler le virus sur culture cellulaire stérile, résultat qui ne pourra être atteint, selon Rhône-Mérieux, avant l'année prochaine.

En attendant, les experts se bornent à conseiller des conditions d'asepsie rigoureuse dans les élevages. La désinfection régulière des installations, l'élimination systématique des reproducteurs fatigués ou malades avec incinération des cadavres, l'accès interdit aux animaux domestiques ou nuisibles, chats, chiens, oiseaux, souris, etc., une quarantaine exigée pour tout animal d'élevage venant de l'extérieur, autant de précautions qui ont permis de limiter les risques de propagation de la maladie. Mais si, malgré cela, la maladie hémorragique virale du lapin fait son apparition dans un élevage, il faut être prêt à sacrifier tous les animaux puis à désinfecter toute l'exploitation en collaboration avec les services vétérinaires.

Le problème reste entier en ce qui concerne lapins et lièvres épargnés dans le milieu naturel. Bien entendu, la vaccination, à l'aide de puces porteuses du vaccin envisagée à l'heure actuelle contre la myxomatose, si elle se révèle efficace, pourra être appliquée tout aussi bien à la maladie hémorragique du lapin dès que le vaccin sera mis au point.

G.B.

(1) Voir *Science & Vie* n° 851, p. 74, "Myxomatose, saluons le docteur puce".

## Campylobacter upsaliensis est-il l'agent de la Turista ?

Neuf médecins belges viennent de publier un travail révélateur dans *The Lancet* (10 mars 1990). Pendant trois ans, ils ont soumis 15 185 échantillons de selles de malades à un système de filtration d'un type nouveau, capable de détecter des microorganismes d'un type auquel on s'intéresse de plus en plus depuis quelques années, les campylobacters. Et ils ont isolé chez 83 patients, dont 92 % souffraient de diarrhée, un nouveau type de campylobacter, dit *upsaliensis*. La diarrhée était d'un type particulier : soudaine et ne durait pas plus d'une semaine. La fièvre était rare, mais il y avait du sang dans un quart des échantillons de selles. On soupçonne que *C. upsaliensis* serait l'agent de la diarrhée des voyageurs. On accuse déjà un autre campylobacter d'être une des causes de l'ulcère d'estomac.

G.M.

**L'un des mammifères à la vie la plus courte**, l'opossum, intéresse beaucoup les généticiens : cherchant à comprendre pourquoi il ne vit environ que dix-huit mois, ils ont constaté que l'une des clefs du vieillissement n'est pas génétique, mais environnementale. Sur les îles où ils ne sont pas menacés, les opossums vivent, en effet, nettement plus longtemps. Le vieillissement est donc une résultante de la sélection naturelle : moins celle-ci est forte, plus on vit vieux.

**Le bilinguisme rend les enfants plus intelligents**, selon un professeur d'espagnol de l'université Stanford. Il s'agit du bilinguisme actif, pas du simple apprentissage parallèle d'une seconde langue.

**Effet inattendu de la perestroïka**, beaucoup de Russes croient aux soucoupes volantes et à Uri Geller : « En une pareille époque, tout est possible », disent certains Soviétiques.

**Les articles de cette rubrique** ont été réalisés par l'Association française d'astronomie, Gérard Bertrand, Gérald Messadié et le Dr Jacqueline Renaud.

## La masse cachée de l'Univers a été photographiée

*C'est l'équipe d'Anthony Tyson et de Francisco Valdès, utilisant le télescope Canada-France-Hawaï et des télescopes américains, qui vient de réussir cet exploit peu commun.*

Les astrophysiciens en rêvaient depuis soixante ans : ils ont obtenu une preuve photographique de la masse cachée de l'Univers.

C'est en 1930 que Fritz Zwicky postula, à propos de l'amas Coma, que, si l'on additionnait les masses visibles de l'ensemble des galaxies de l'Univers, celles-ci devraient en quelque sorte se vaporiser dans l'espace, faute de contraintes externes. Selon lui, pour qu'elles se maintiennent dans l'état actuel, il fallait que l'Univers contînt 90 % de plus de matière que celle qu'on voit.

D'autres astronomes reprirent le postulat de Zwicky à propos d'autres galaxies et le trouvèrent juste. Tous les modèles cosmologiques, notamment ceux sur l'expansion de l'Univers, l'origine des galaxies et la vie des étoiles, impliquaient l'existence d'une masse énorme de matière invisible et certains d'entre eux laissaient penser que la masse manquante représentait jusqu'à 99 % de la masse totale du cosmos. Tout cela était bizarre, parce que, entre les galaxies, on ne voit rien.

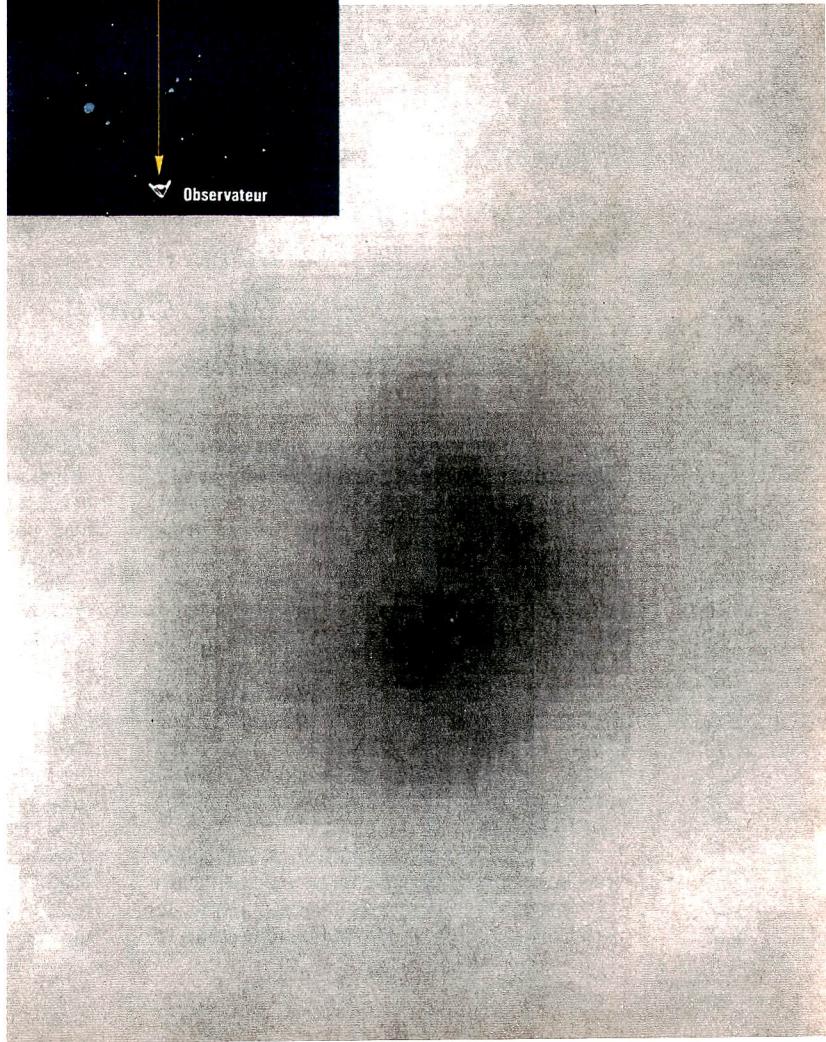
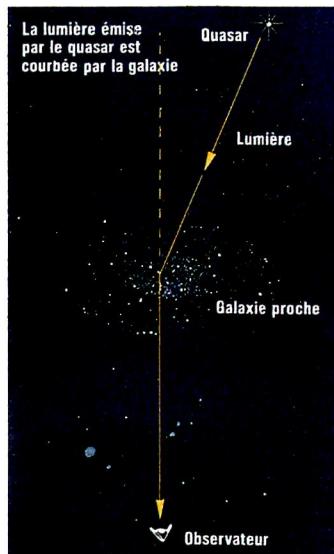
Or, nos astronomes ont recouru à une méthode originale. Ils ont pris des clichés du ciel, totalement et uniformément recouvert de galaxies. Puis ils ont gommé électroniquement les galaxies du premier plan. Ils ont alors observé une déformation gigantesque dans la répartition des galaxies des plans lointains. Or, une telle déformation ne peut s'expliquer que par la présence d'une quantité fantastique de matière invisible. En effet, selon la théorie de la relativité générale, un corps massif déforme l'espace-temps qui l'entoure (il forme une sorte de loupe), révèle de la sorte son influence gravitationnelle et donc sa présence.

Avec leurs clichés, Tyson et Valdès ont fourni la preuve de l'existence d'une matière dont la masse

représenterait un million de milliards de soleils. Mais c'est ici que, selon la formule connue, les Romains vont s'emporter : de quoi est donc constituée cette matière ? Des particules exotiques ? Mais lesquelles ? Des neutrinos massifs ? Pourquoi n'en a-t-on pas détectés sur Terre ? De la "matière froide" invisible ? Oui, mais les mots ne suffisent pas à rendre compte du travail que les astrophysiciens vont avoir sur la planche, et cela d'autant plus que certains d'entre eux postulent que le pseudo-vide de l'Univers est en fait bourré d'énergie qui, analysé du point de vue de la mécanique quantique, change constamment de niveaux ; c'est-à-dire que ce serait de la "matière virtuelle"....

Pour parodier Racine : « Dans l'Univers cru vide, quelle devint ma panique... »

AFA & G.M. •



# POURQUOI NOUS BUVONS DES NITRATES

*Partout, le dopage est interdit. Sauf en agriculture ! Cela fait trente ans que l'on dope les plantes et les animaux à l'azote. En toute impunité. Et souvent en pure perte. Car plantes et bêtes n'assimilent pas tout l'azote dont on les gave. Le surplus se retrouve en partie dans l'eau du robinet, sous forme de nitrates.*



Il n'y a pas d'agriculture industrialisée sans utilisation massive d'engrais azotés. A preuve, chaque hectare cultivé reçoit en moyenne 188 kilos d'engrais en Europe et 146 au Japon, mais seulement 30 en Asie, 15 en Amérique latine et 4 en Afrique. L'azote est un élément chimique indispensable au développement et à l'entretien de la vie. Il entre dans la composition des acides aminés, c'est-à-dire des molécules organiques qui constituent les protéines des plantes et des animaux. L'air de l'atmosphère en contient 79 %, mais beaucoup de plantes, les céréales notamment, ne sont pas capables de fixer directement cet azote libre ; elles ne savent l'assimiler que sous forme minérale : nitrates essentiellement.

Ces nitrates leur sont apportés soit par les engrains, soit par la matière organique enfoncée dans le sol (résidus des précédentes récoltes, humus, fumier, compost...). Cette dernière ne fournit des ni-

trates qu'après avoir subi une transformation bactérienne appelée "minéralisation". Certains engrains ont également un effet différé : il faut quelques jours pour que la matière azotée qu'ils contiennent se change en nitrates.

Mais, de même qu'un homme qui mange trop de graisses se retrouve avec du cholestérol dans le sang, la plupart des champs de nos contrées, suralimentés en azote, dégorgent leur trop-plein dans les rivières et les nappes souterraines. Si cette pollution, dénoncée depuis des années, suscite actuellement un tel émoi, c'est parce qu'elle a été aggravée par un malheureux concours de circonstances.

En France, nous venons de connaître deux années relativement sèches. Par manque d'eau, les plantes ont moins poussé que prévu et ont donc absorbé moins de nitrates. Mais, cela, les agriculteurs ne pouvaient pas le savoir quand ils ont épandu leurs engrains. Pour eux, le calcul est simple : il



**On a l'eau qu'on mérite.** Les sols nus à l'automne et l'épandage inopportun d'engrais sont les pires des maux pour l'eau souterraine, d'où proviennent les deux tiers de l'eau potable. Or, les prairies, vergers, vignes et blé d'hiver ont reculé au profit des maïs, tournesol, pois et soja qui laissent les sols à nu en hiver.

faut tant de kilogrammes d'azote pour faire tant de quantaux de récolte. Par exemple, il faut environ 3 kg d'azote pour faire un quintal de blé ; 2,3 kg pour un quintal de maïs, etc. Ils déterminent donc la quantité d'engrais en fonction du rendement espéré. Ainsi, pour un rendement attendu de 70 quantaux de blé à l'hectare, ils répandront sur cet hectare 210 kg d'azote. Ils forceront même un peu la dose, car le jeu en vaut la chandelle : en mettant 10 kg de plus, ils risquent, au pis, de perdre de 35 à 40 F, mais ils peuvent aussi gagner trois quantaux de blé, soit environ 400 F ! Avec la sécheresse, ce supplément est devenu excès, et celui-ci s'est ajouté aux nitrates inutilisés en raison d'une plus faible poussée.

En outre, l'été et l'automne 1989 ont été très chauds, ce qui a favorisé l'activité des micro-organismes qui transforment en nitrates l'azote des matières organiques enfouies dans le sol. Ces nitra-

tes "naturels", parfaitement assimilables par les plantes, sont aussi parfaitement lessivables par les pluies, pour peu que les sols soient restés nus après la récolte, ce qui arrive de plus en plus fréquemment, surtout depuis que l'on abandonne les prairies permanentes et les cultures d'hiver (blé ou orge) et que l'on sème tout au printemps (céréales, betteraves, soja, pois, tournesol, etc.).

C'est précisément ce qui s'est passé au début de cette année : les pluies brutales de la fin janvier et du début février ont lessivé en quelques jours des sols non seulement nus, mais fissurés et rétractés, c'est-à-dire trop secs pour absorber et retenir une grande quantité d'eau. De ce fait, tous les éléments minéraux solubles, et en premier lieu les nitrates, ont été entraînés vers les nappes et les rivières.

Voici quelques données qui permettront d'apprécier l'ampleur de la pollution. En matière de fertilisants azotés, les agriculteurs parlent de kg d'azote ou d'unités (épandre 120 unités à l'hectare, par exemple). Mais, pour apporter 1 kg d'azote, il faut en réalité déverser 4,43 kg de nitrates, car les nitrates sont une combinaison d'azote et d'oxygène ( $\text{NO}_3$ ). Les microorganismes qui minéralisent les matières organiques et les transforment en engrains laissent dans le sol un "reliquat" d'au moins 20 kg d'azote par hectare, soit 88,6 kg de nitrates. Si, comme cela s'est passé, il tombe brutalement 300 millimètres de pluie et que le sol n'en absorbe que le tiers, ce sont 200 mm d'eau qui vont ruisseler ou s'infiltrer, soit, pour un hectare, 2 000 m<sup>3</sup> ou encore 2 millions de litres, chaque litre drainant 44,3 mg de nitrates (88,6 kg divisés par 2 000 000). Si le "reliquat" est de 30 kg d'azote par hectare, la teneur en nitrates de chaque litre d'eau passe à 66,4 mg. Or, dans les terres surfertilisées des régions de grandes cultures (Nord-Picardie, Centre-Ouest) ou d'élevage intensif (Bretagne), le reliquat d'azote est plus proche de 80 kg par hectare que de 20 ou de 30.

Si nous insistons sur ces chiffres, c'est parce que, à partir de 50 mg de nitrates par litre, une eau n'est plus considérée comme potable ('). Ainsi en a décidé la Communauté européenne dans sa directive du 15 juillet 1980, à laquelle la France s'est finalement ralliée le 3 janvier 1989. En fait, il vaut mieux ne pas dépasser 25 mg par litre si l'eau est destinée à des nourrissons, car leur estomac, moins acide que celui des adultes, est propice à la prolifération de bactéries qui transforment les nitrates ( $\text{NO}_3$ ) en nitrites ( $\text{NO}_2$ ). Lorsque ces nitrites parviennent dans l'intestin, ils en traversent la muqueuse et passent dans le sang. Là, ils réagissent avec l'hémoglobine et la changent en méthémoglobin, un dérivé oxydé qui n'a plus le pouvoir de fixer l'oxygène, donc de le transporter vers les cellules. Il en résulte une asphyxie qui peut aller jusqu'à la mort. La reconversion de la méthémoglobin en

hémoglobine se fait par l'intermédiaire d'enzymes que possède l'adulte, mais pas le nourrisson ni le fœtus ; d'où la vulnérabilité des femmes enceintes et des nouveau-nés aux nitrates (les ruminants peuvent également souffrir de méthémoglobinémie lorsqu'ils broutent trop d'herbe jeune, riche en azote soluble).

En Europe, de nombreux cas de "maladie du sang bleu" touchant de jeunes enfants furent enregistrés dans les années 1940 et 1950, la plupart du temps dans des endroits où l'eau consommée était tirée de puits contaminés par des matières organiques provenant de fosses septiques ou de déjections animales. La teneur en nitrates de ces eaux dépassait généralement 100 mg par litre. De telles situations se rencontrent encore aujourd'hui dans les pays en voie de développement, mais sont devenues rares dans les pays industrialisés depuis que la quasi-totalité des communes rurales bénéficient de l'adduction d'eau.

Cela dit, même à plus faibles doses, les nitrates restent dangereux pour l'homme. En effet, réduits en nitrites, ils peuvent, tout comme les oxydes d'azote présents dans la fumée du tabac, les gaz d'échappement des automobiles ou les émanations des usines, se combiner à des dérivés azotés organiques (amines ou amides) issus de l'alimentation, pour donner des dérivés nitrosés (nitrosamines ou nitrosamides), dont l'action cancérogène a été démontrée chez une quarantaine d'espèces animales, primates compris. Les nitrosamines provoquent des cancers du foie, de l'appareil respiratoire, de l'œsophage et des reins ; les nitrosamides, des cancers de l'estomac, de l'intestin et du système nerveux. Bien qu'il n'y ait encore aucune preuve avérée de leur action cancérogène chez l'homme, les présumptions sont lourdes, dans la mesure où, en expérimentation animale, on n'a trouvé aucune espèce qui leur soit résistante.

Bref, c'est à tout le moins une épée de Damoclès que nous suspendons nous-mêmes au-dessus de nos têtes — et de celles de nos descendants — en laissant croître chaque année de 0,5 à 2 mg par litre la teneur en nitrates des eaux dans lesquelles nous puisons notre consommation.

Les agriculteurs s'insurgent lorsqu'un ministre ose les mettre en cause dans cette dégradation de la qualité des eaux. Pourtant toutes les estimations concordent : l'élevage et les productions végétales sont responsables des deux tiers environ des rejets d'azote dans l'eau (le dernier tiers provenant des effluents domestiques et de l'industrie). Les déjections animales mal stockées aboutissent généralement dans les eaux de surface (ruisseaux, rivières, étangs, lacs...), tandis que les excès de nitrates sous culture polluent avant tout les nappes souterraines.

Commençons par la pollution provoquée par les cultures. La présence de nitrates excédentaires



1

dans le sol a essentiellement deux origines :

- une fertilisation supérieure aux besoins de la culture, ne tenant pas compte des réserves azotées du sol (le reliquat) et souvent apportée au mauvais moment ;
- le manque de couverture végétale des terres pendant l'hiver.

Certains agriculteurs oublient que toutes les plantes ne sont pas également gourmandes en azote. Si les prairies ont besoin de 250 à 300 kg par hectare, la plupart des cultures se contentent facilement de la moitié, et les légumineuses (luzerne, pois, soja) peuvent, elles, complètement s'en passer, puisqu'elles fixent l'azote de l'air par l'intermédiaire de bactéries vivant en symbiose avec leurs racines. C'est le colza qui est le plus glouton (plus de 200 kg par hectare), suivi par la pomme de terre, le blé, la betterave et le maïs. Le tournesol, en revanche, ne supporte pas plus de 80 kg à l'hectare, car, au-delà, il devient extrêmement sensible à certains champignons (*Phomopsis*, *Sclerotinia*), et ses graines

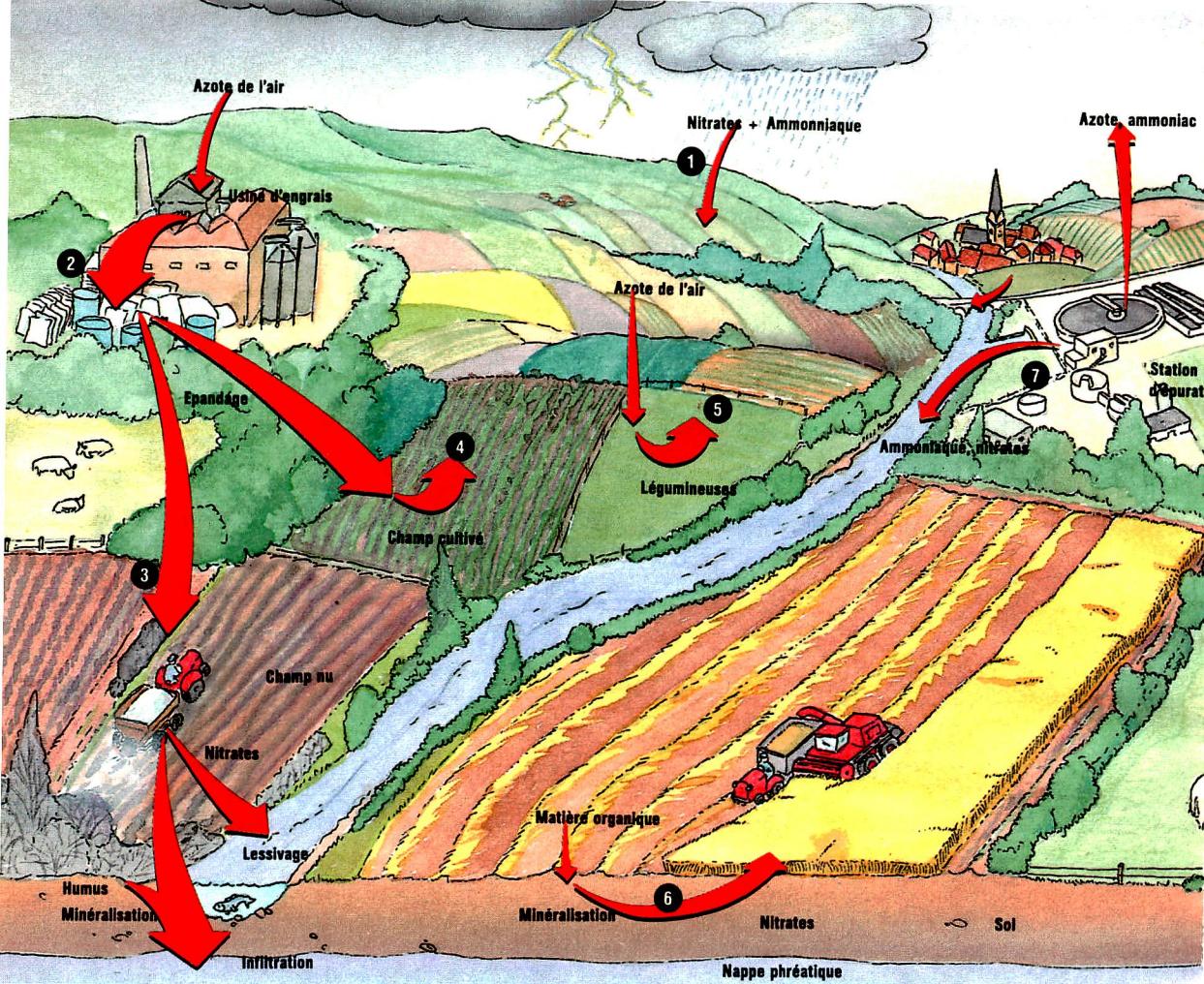
parviennent alors difficilement à maturité.

Il faut également savoir que toutes les cultures ne laissent pas dans le sol, après leur récolte, le même reliquat d'azote. Ce dernier dépend de la nature de la plante, de la quantité de résidus qui sont enfouis, etc. Seules des analyses de sol peuvent déterminer l'importance de ce reliquat (qui, de surcroît, se cumule souvent avec le solde des années précédentes).

En France, la consommation globale d'engrais azotés est passée de 2 millions de tonnes en 1982 à 2,6 millions de tonnes en 1989, pour une surface

**Fumier et lisier s'amoncellent.** Le nombre de fermes mixtes culture-élevage diminue et les régions se spécialisent ; le nombre des élevages "hors sol" augmente et le cheptel, bovin aussi bien que porcin, se concentre à l'Ouest... Les engrangements de ferme (1), fumier de bovins, fientes de volailles, lisier de porcs — qui sont pour la plupart élevés sans litière (2) —, ne trouvent plus preneur localement.





## LA SAGA DES NITRATES

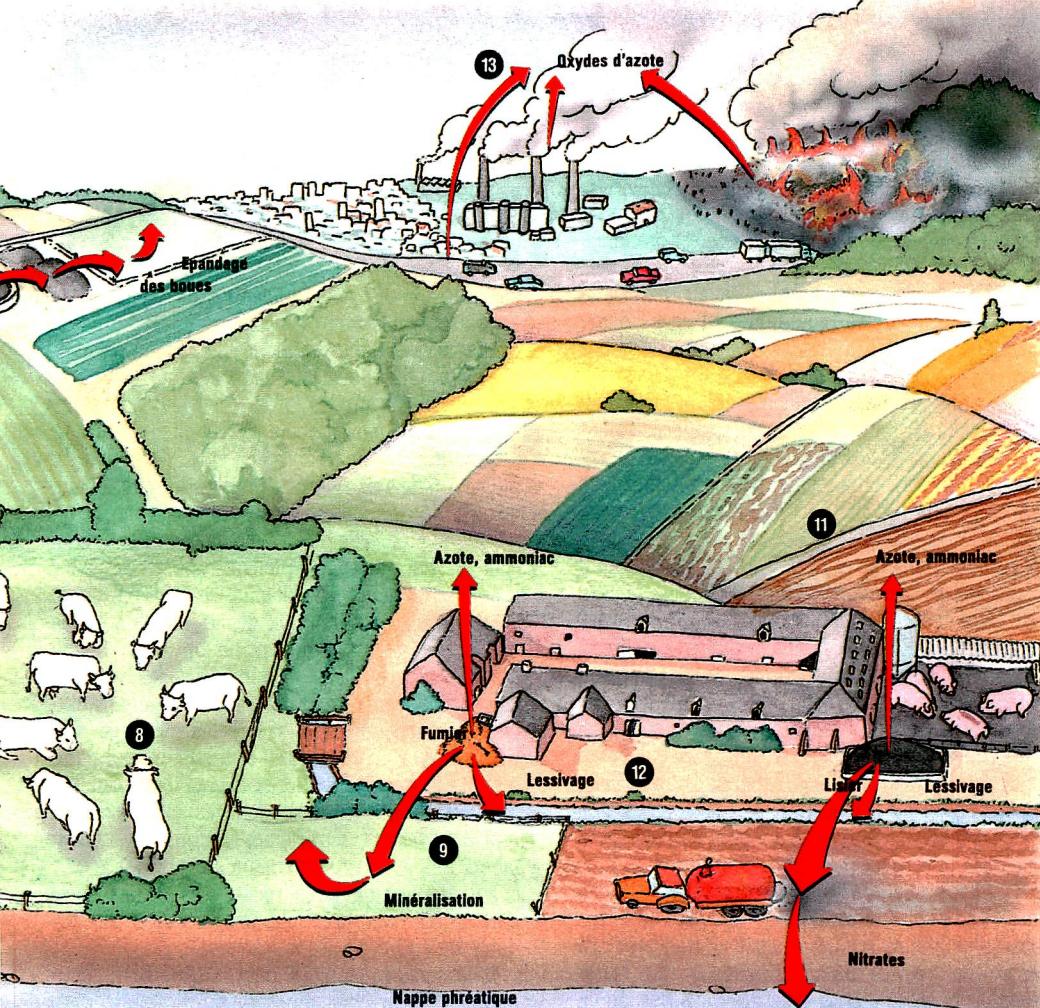
Les nitrates (azote minéral oxydé) sont très solubles. La neige, les pluies en apportent (1), car l'atmosphère est chargée en azote minéral. Une bonne part des nitrates vient des usines d'engrais qui fixent l'azote de l'air pour fabriquer de l'ammoniac, ultérieurement oxydé (2). Quand les nitrates sont épandus sur sol nu ou gelé, ils s'infiltrent avec les pluies ou sont lessivés en surface (3). Au contraire, épandus au bon moment (printemps) et à la bonne dose sur une culture, ils vont nourrir les plantes (4). Les légumineuses (pois, soja, luzerne, trèfle...) n'en ont pas besoin car leurs racines logent des bactéries qui trans-

forment l'azote de l'air pour elles (5). Le sol pourvoit lui-même aux besoins des plantes, car une partie de son humus et la matière organique fraîche qu'on y enfouit se minéralise en nitrates (6). Les habitants et les industries rejettent de l'azote organique et ammoniacal. Les stations d'épuration l'éliminent mal ; une partie s'évapore, une partie s'oxyde en nitrates dans les boues que l'on épand, mais la majorité se retrouve dans les eaux de rejet (7). Les animaux d'élevage produisent de l'azote dans leurs déjections (8). Le fumier (déjections + litières), le lisier (déjections seules) sont épandus. Cette matière organique en se minéra-

lisant fournit des nitrates aux plantes (9) ; sous sol nu, ils vont plutôt polluer la nappe (10). Les gros élevages intensifs gèrent des milliers de m<sup>3</sup> de lisier — ou de fumier — chacun. Des vapeurs azotées s'échappent des épandages — surtout s'il fait chaud — et des fosses de stockage (11) ; si celles-ci ne sont pas étanches, des fuites vont polluer les eaux de surface (12). Aux Pays-Bas, l'élevage porcin, très concentré, est ainsi responsable de 27 % des émanations d'ammoniac ! Ces vapours, avec les oxydes d'azote que rejettent les pots d'échappement, les cheminées d'usine ou les incendies contribuent aux pluies acides (13).

fertilisable en très légère régression. L'explication de cette augmentation est la recherche constante de la performance, c'est-à-dire de rendements de plus en plus élevés. Si l'on devait établir un classement des plus gros utilisateurs de nitrates, les céréaliers l'emporteraient haut la main (lourde !). En

1987, les céréales, bien qu'occupant moins du tiers des surfaces fertilisables, ont accaparé plus de la moitié des engrains azotés, alors que les prairies et les cultures fourragères, qui mobilisaient plus de la moitié des surfaces, en ont reçu moins du tiers. A lui seul, le blé tendre, qui occupait 16 % des surfaces



fertilisables, a bénéficié de 31 % du tonnage consommé, la quantité épandue à l'hectare étant passée de 108 kg en 1977 à 172 kg dix ans plus tard.

Ces apports élevés d'azote, s'ils sont absorbés par les cultures, ne présentent aucun danger pour l'environnement. En revanche, au moindre incident, ils deviennent une sérieuse menace pour l'environnement. Que des gelées persistantes, une sécheresse prolongée ou des champignons pathogènes viennent à compromettre les récoltes, et c'est la catastrophe... écologique. Tel, qui, prévoyant de faire 80 quintaux de blé à l'hectare et tablant sur un reliquat de 40 kg d'azote, aura apporté 200 kg d'engrais azotés ( $3 \times 80 - 40$ ), laissera dans le sol, s'il ne récolte que 60 quintaux, 60 kg de nitrates ( $240 - 180$ ) lessivables aux premières grosses pluies.

Pour compliquer encore un peu plus le problème, tous les sols n'ont pas le même comportement : certains sont plus poreux que d'autres et gardent moins bien l'azote. Il faut donc augmenter les doses. En Alsace, par exemple, la dose maximale conseillée pour le maïs est de 135 kg d'azote par hectare sur sol limoneux profond et de 225 kg sur

sol superficiel irrigué. Il existe même des sols qui ont un pouvoir épurateur : ainsi, lorsque l'eau traverse des couches riches en pyrite (sulfure de fer), elle active des bactéries spécifiques du soufre (*Thiobacillus*) qui éliminent les nitrates.

Pour en terminer avec les engrains azotés, disons que trop nombreux sont les agriculteurs qui, pensant qu'"abondance de biens ne nuit pas", mettent une fois et demie la dose conseillée, et trop rares ceux qui gèrent leurs sols à l'économie, s'appuyant sur l'azote organique laissé par une succession de cultures judicieuses et le complément au besoin par un compost ou du fumier. Quelles sont les régions où l'on a tendance à forcer la dose ? La répartition des livraisons d'engrais entre le 1<sup>er</sup> juin 1988 et le 31 mai 1989 en donne une petite idée : seulement 12 kg d'azote par hectare fertilisable en Corrèze, 27 dans les Vosges, mais 170 en Ille-et-Vilaine, 180 dans la Beauce, 200 dans l'Oise, 220 dans les Landes.

Encore ces chiffres ne disent-ils pas toute la vérité. Le Finistère, par exemple, n'a reçu que 120 kg d'engrais par hectare fertilisable, mais il produit — et épand — une quantité équivalente d'azote d'origi-

ne animale (lisiers, fientes, fumiers), soit au total, pour la période considérée, 240 kg d'azote par hectare agricole. Rien d'étonnant donc que ce soit en Bretagne, où cette double fertilisation est pratiquée à grande échelle et où les réserves souterraines d'eau sont faibles, que l'on ait relevé cet hiver le plus grand nombre de communes affligées d'une eau à 50, voire 100, milligrammes de nitrates par litre.

Ce qui surprend en revanche, c'est que, dès qu'il est question de pollution animale, les porcs soient toujours les premiers accusés. Pourtant les déjections porcines ne représentent, en Bretagne, que 30 % des apports d'azote d'origine animale, contre près de 55 % pour les déjections bovines et 15 % pour les excréments de volailles. Alors, pourquoi les porcs sont-ils, si l'on ose dire, les boucs émissaires ? Parce que les porcheries industrielles, où les animaux sont élevés sur caillebotis et sans litière, rejettent un mélange nauséabond d'urine et de matières fécales, appelé lisier. Parce qu'un porc de 100 kg à l'abattage a évacué au cours de son existence (moins de six mois) environ 1 mètre cube de lisier (3,5 pour un bovin à l'engrais), dont 5,5 kg d'azote. Parce que les élevages de 1 000 places (une place accueille 2,5 porcs par an) sont monnaie courante. Et enfin parce que cette région héberge plus de 6 millions de porcs, soit 54 % du cheptel national, sur un peu moins de 2 millions d'hectares de terres cultivables (6 % de la surface agricole française). Et encore ne s'agit-il pas d'un record : au Nord-Brabant, province méridionale des Pays-Bas, on en élève à peu près autant, mais sur 300 000 hectares seulement.

A ce degré d'intensification, la production "baigne dans son jus" et ne sait plus quoi faire des excédents de lisier. Ceux-ci atteignent 14 millions de tonnes au pays des tulipes et près du million de tonnes dans la région de Lamballe (côtes d'Armor). Il y a excédent dès que les possibilités d'absorption par les cultures et les prairies locales sont dépassées. Etant donné qu'un porc produit 5,5 kg d'azote, et que la fertilisation d'un hectare de culture ou de prairie en consomme en moyenne 240 kg par an, il ne faudrait pas élever plus de 43 porcs par an et par hectare cultivé. Un chiffre qui est largement dépassé dans plusieurs cantons bretons.

La solution la plus simple serait d'exporter le surplus. Mais le transport de ces déjections, qui contiennent 95 % d'eau et se vendent entre 30 et 50 F le mètre cube, coûte cher, si bien que, au-delà de 7 kilomètres, le prix du lisier n'est plus compétitif avec celui des engrains classiques. C'est pour cette raison, d'ailleurs, que les "banques à lisier", des organismes expérimentaux dont le rôle est de mettre en rapport les éleveurs excédentaires et les agriculteurs déficitaires, ne marchent bien que si elles sont subventionnées.

Une autre solution consiste à traiter le lisier, c'est-à-dire à en extraire la matière sèche et à rejeter le liquide épuré. Mais, là encore, on se heurte au problème du coût : à la lumière d'expériences réalisées aux Pays-Bas, il faut compter entre 75 et 100 F par mètre cube traité (pour mémoire, le kg d'engrais azoté vaut environ 3,5 F).

Mieux vaut donc limiter le cheptel en fonction des possibilités locales d'épandage et corriger ce qui peut l'être sur les sites d'élevage. Toutes les fosses à lisier, par exemple, devraient être parfaitement étanches et à l'abri des eaux de pluies. De même, on devrait éviter de pousser les excréments jusqu'à la fosse à grand renfort de jets d'eau, ce qui ne fait que diluer le lisier et en accroître le volume (par ce seul moyen, on pourrait réduire de 50 à 5 litres la production quotidienne de lisier par porc).

Déjà, dans de nombreux départements à risque, des arrêtés préfectoraux sévères ont tenté de suppléer les insuffisances de la loi. Ainsi, les capacités de stockage doivent être d'au moins six mois (contre quarante-cinq jours selon la loi) ; les épandages sont interdits du 15 novembre au 15 février et, à tout moment, sur sol gelé ou gorgé d'eau ; les périmètres d'épandage sont circonscrits et les apports d'azote limités (200 kg, toutes origines confondues, sur terre labourable et 350 kg maximum sur prairie), etc.

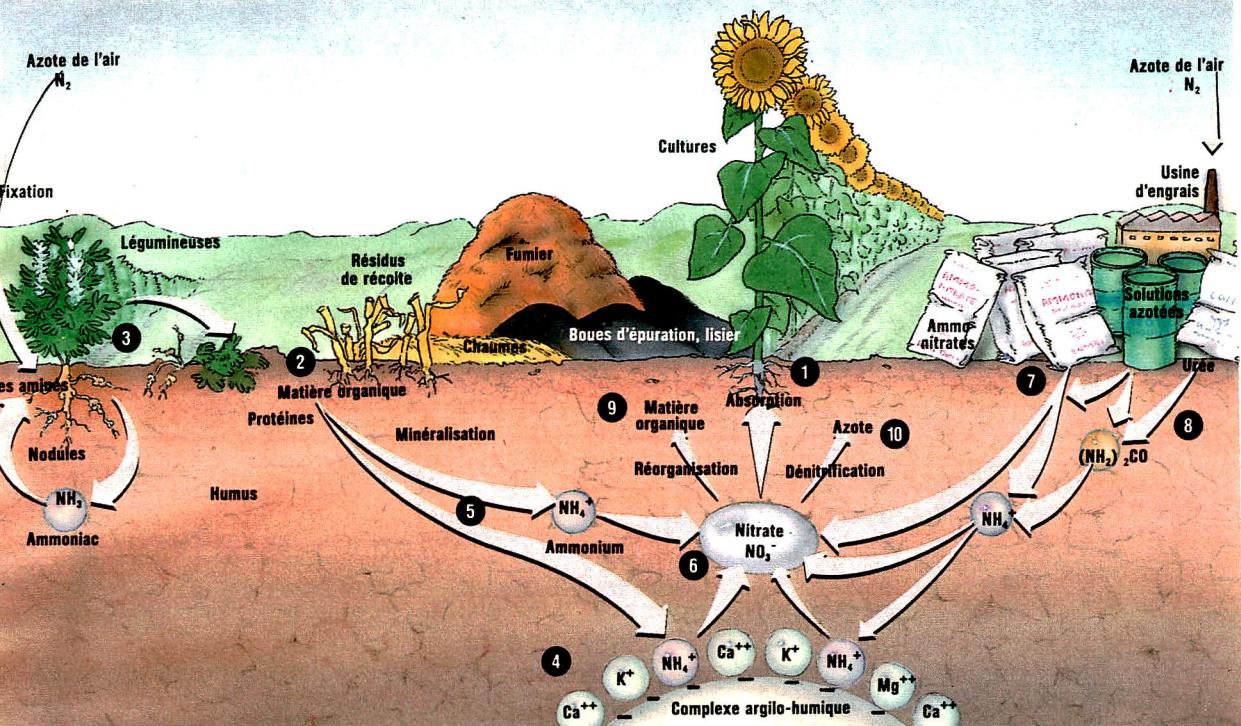
Un peu partout, des recherches sont menées dans différentes directions pour réduire les excédents ou en limiter les nuisances :

- la section rennaise du CEMAGREF (Centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et des forêts) expérimente chez un éleveur une technique consistant à faire épurer le lisier par le sol. Une parcelle spécialement aménagée, équipée d'un réseau serré de drains, sert de "dépotoir" à lisier. Les écoulements chargés en nitrates sont recueillis dans un bassin, où des bactéries transforment les nitrates en azote gazeux. Le liquide épuré est alors répandu sur d'autres parcelles.

- Pour la même raison, le brassage du lisier dans la fosse est fortement conseillé, car, en introduisant de l'air dans le mélange, on favorise la fermentation et le dégagement d'azote gazeux.

- Les industriels se sont également mis de la partie en proposant des appareils qui permettent de mesurer la valeur fertilisante d'un lisier, ou en améliorant la régularité et la précision des dispositifs d'épandage. Dans un cas comme dans l'autre, il s'agit, par une meilleure connaissance ou une meilleure répartition du produit, d'éviter toute diffusion excessive.

- Pour avoir des lisiers moins liquides, certains conseillers techniques proposent que l'on ne donne aux porcs que des soupes soigneusement dosées en eau et en nutriments, plutôt que de leur offrir l'aliment d'un côté et l'eau à volonté de l'autre (en



## LE DESTIN DES NITRATES : NOURRIR OU PARTIR

Pour fabriquer leurs protéines, les plantes ont besoin d'azote sous forme minérale (1). Cet azote minéral provient, depuis la nuit des temps, de la transformation des protéines de la matière organique. Celle-ci est constituée des débris d'êtres vivants, de racines, de résidus de récolte enfouis (2). Les débris de légumineuses sont très riches en azote, car ces plantes ont dans leurs nodules des bactéries capables de transformer l'azote de l'air en ammoniac, celui-ci servant directement aux synthèses protéiques (3). Le capital de matière organique accumulé

au cours des années dans le sol constitue l'humus, lié à l'argile dans des grumeaux de charge négative (4). L'azote organique est "minéralisé" en deux étapes. Il est d'abord transformé par les bactéries du sol en ammonium (5) dont une partie se fixe sur le complexe argilo-humique. Puis l'ammonium est transformé en nitrates par des bactéries très spécifiques (6). Au début de ce siècle est apparue une nouvelle source de nitrates, les engrains (7). La moitié des engrains simples azotés consommés par l'agriculture le sont sous forme d'ammonitra-

tes composés de 50 % de nitrates et de 50 % d'ammonium, transformé en quelques semaines en nitrates. Viennent ensuite les solutions liquides à 50 % d'ammonitrates et à 50 % d'urée, transformée en ammonium puis en nitrates. L'urée seule est aussi un engrais (8). Mais au contraire de l'ammonium, urée et nitrates sont très solubles et aux premières pluies vont polluer les nappes si des plantes ne sont pas là pour les prélever. Une petite partie des nitrates est absorbée par les microbes (9) et une autre fournit de l'azote gazeux (10).

Hollande, où l'on pratique cette méthode, les lisiers contiennent 8 % de matière sèche, contre 5 % en France).

- A la station de l'INRA (Institut national de la recherche agronomique) de Rennes, on a calculé qu'un porc à l'engrais excretait jusqu'à 70 % de l'azote contenu dans sa nourriture. Ce gaspillage résulte de la trop grande standardisation des aliments industriels : les formules sont simplifiées à l'extrême, alors que les besoins de l'animal ne sont pas les mêmes à tous les stades de sa croissance. Une alimentation mieux adaptée pourrait donc réduire les rejets azotés. Par ailleurs, pour apporter au porc les acides aminés qui lui sont indispensables, on ajoute aux aliments tout préparés du soja, souvent en excès, car celui-ci est pauvre en lysine. Or, certains acides aminés sont aujourd'hui produits industriellement. En donnant à l'animal de la lysine,

du tryptophane, de la thréonine et de la méthionine de synthèse, on pourrait ramener à 7 % la part du soja dans la ration (au lieu de 20 %). Du coup, la teneur en protéines du régime passerait de 17 à 12 %, et l'azote évacué dans l'urine diminuerait d'un quart. Encore faudrait-il que le prix des acides aminés industriels soit plus avantageux que celui des tourteaux de soja, ce qui est loin d'être le cas.

- Enfin, certains chercheurs vont jusqu'à préconiser l'administration de l'hormone de croissance porcine, sous prétexte que, plus un porc grandit vite, moins il rejette de lisier. C'est oublier qu'une croissance plus rapide augmenterait le nombre de porcs produits par an et par place de porcherie, et donc, en fin de compte, la quantité de lisier !

On n'a pas encore trouvé, on le voit, la solution idéale. En attendant, les nitrates excédentaires, qu'ils proviennent des engrains, du lisier ou de toute

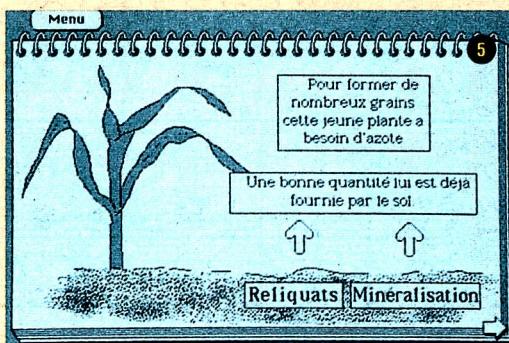
# La bande dessinée des nitrates selon Gil Chaulet



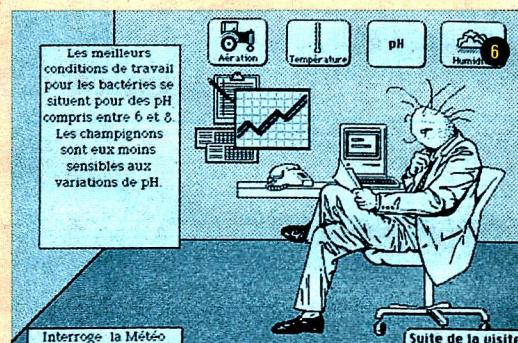
Comment augmenter son revenu tout en respectant l'environnement quand on est agriculteur ? Peut-on l'apprendre d'une manière amusante ? C'est le défi qu'a relevé un professeur de biologie végétale des Charentes, Gil Chaulet. Depuis mai 1988, il a consacré ses loisirs à la mise au point



d'un programme informatique *Des nitrates en trop...* (1). Ces huit photos ne sont qu'un reflet d'une large palette d'écrans qui simulent la démarche d'un agriculteur. L'ordinateur ne fait pas d'interrogatoire en règle, mais demande, au détour d'une "conversation", les signalements dont il a



dant. Par exemple, en cliquant sur l'étable de l'écran principal (2), on accède au secteur élevage. L'une des scènes demande alors au joueur comment il conçoit les bâtiments de sa porcherie (3) ; le quatrième plan en l'occurrence est le bon. L'écran représenté en 4 possède aussi plusieurs zones



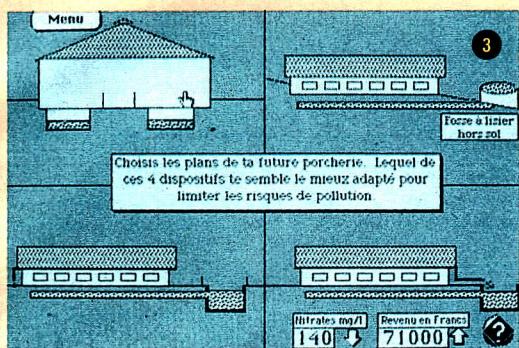
actives, chacune donnant lieu à une nouvelle série de choix. Le joueur sait toujours pourquoi, dans ses réponses, il a tort ou raison, pourquoi, par exemple, la dose d'engrais qu'il envisage d'épandre est excessive (5). Une série d'écrans décrit comment, sous terre, les vers, les microbes,

autre matière organique non assimilée par les plantes, continuent de polluer les eaux. Une nappe souterraine est un mélange d'eaux infiltrées au cours des saisons : d'eaux récentes (un ou deux ans), issues des zones surplombant immédiatement la nappe, et d'eaux anciennes (dix ans et plus) venues des confins du bassin versant. La pénétration verticale des nitrates est elle-même plus ou moins rapide : selon la nature du sol, elle varie entre quelques dizaines de centimètres et quelques mètres par an. Bref, les teneurs en nitrates des eaux puisées aujourd'hui dans les nappes intègrent les apports des six à quinze dernières années. Inversement, même si, demain, on interdisait tout épandage de nitrates, on en retrouverait encore dans l'eau pendant une quinzaine d'années. C'est dire que toute action réparatrice mettra du temps à porter ses fruits.

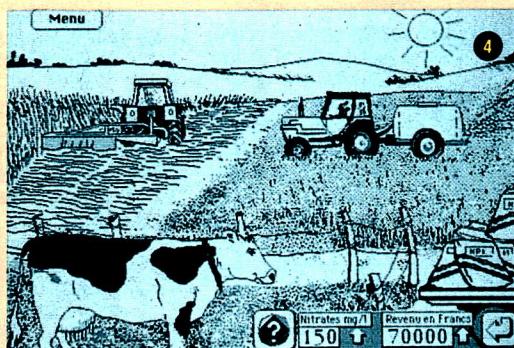
Voilà pourquoi la DDASS (Direction départementen-

tale des affaires sanitaires et sociales) du Finistère prévoit une forte augmentation des teneurs en nitrates au cours des prochaines années. Les experts du CORPEN (2), de leur côté, n'excluent pas que les nappes actuellement préservées soient elles aussi, un jour, contaminées. Quant à l'Agence de bassin Rhin-Meuse, elle estime que, si rien ne change, 50 % des réserves souterraines d'Alsace pourraient devenir inconsommables d'ici à une vingtaine d'années.

C'est sans doute pour éviter une telle catastrophe que, depuis 1986, les Alsaciens, avec l'Association pour la relance agronomique en Alsace (ARAA), sont devenus des pionniers en matière de lutte contre les nitrates. Deux zones pilotes ont été délimitées, l'une dans le Haut-Rhin, l'autre dans le Bas-Rhin, à l'intérieur desquelles ont été sélectionnées de nombreuses parcelles d'expérimentation. On y étudie, sur trois types de sol différents, les résidus



besoin : effectif des troupeaux, nature des cultures... Il peut alors critiquer les intentions du fermier : quel rendement espérera-t-il, quelle dose d'engrais va-t-il épandre, veut-il irriguer, si oui que fera-t-il en cas de rationnement d'eau, etc.? Chaque décision, chaque choix technique

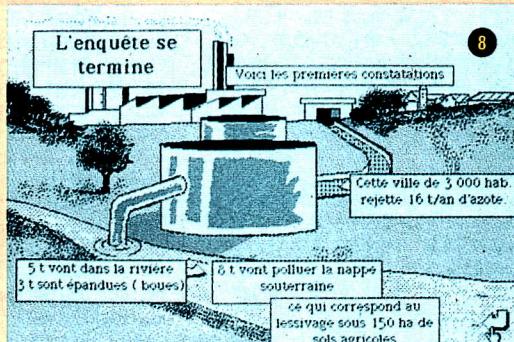


influence à la hausse ou à la baisse deux indicateurs situés en bas, à droite de l'écran : le revenu par hectare, et la teneur en nitrates de la nappe d'eau souterraine.

Certains écrans ont plusieurs zones actives permettant, en "cliquant" dessus, d'entrer dans le secteur correspon-



les champignons font tourner une véritable usine (6). Une autre illustre comment une ville coquette (7) peut cacher des dessous peu appétissants, des égouts mal entretenus qui polluent par leurs fuites la nappe autant que 150 hectares de sols agricoles (8). Ce programme très pédagogique,



fonctionnant avec le logiciel Hypercard sur des microordinateurs Macintosh a été réalisé par Gil Chaulet, Didier Paquin et Dominique Azan. Il est diffusé par l'Institut national de recherches et d'applications pédagogiques, rue des Champs-Prévois, 21000 Dijon.

d'azote laissés par telle ou telle culture, ainsi que les déperditions causées par le lessivage. Le but de l'opération est d'évaluer les besoins réels en fertilisants, en fonction de la plante cultivée, du sol, des précédentes cultures, etc.

Toujours dans la même optique, à savoir : inciter les agriculteurs à profiter au maximum des nitrates gratuits présents dans le sol et à limiter les apports extérieurs, le conseil général d'Eure-et-Loir, un département où la teneur en nitrates des eaux de consommation augmente de 2,7 mg par an, vient de financer une grande opération "Nitrates moins", destinée à former près de 600 exploitants à la technique du prélèvement de sol, seul moyen d'apprécier la quantité d'azote résiduel. 420 tarières ont été distribuées (une par commune), et 2 000 échantillons ont été analysés en février dernier.

Mais, avant tout, ce que souhaitent les différents

organismes et conseils qui régissent le monde agricole, c'est faire passer quelques idées simples, du genre :

- les plantes ont besoin de nitrates, mais pas n'importe quand (entre l'épi à 1 centimètre et la floraison pour le blé d'hiver ; après le stade 6-8 feuilles pour le maïs, etc.) ;
- les apports d'engrais en dehors des périodes de besoin sont source de pollution ;
- chaque culture laisse un reliquat d'azote derrière elle ;
- l'ordre dans lequel se succèdent les cultures est important, car il permet de gérer ce reliquat (on en revient à la célèbre "rotation triennale" des anciens) ;
- des sols laissés nus l'hiver perdent leur azote, qui va souiller les nappes souterraines : d'où le double intérêt des engrains verts.

# Pourquoi est-ce si compliqué d'éliminer les nitrates ?

La richesse en nitrates d'une eau n'est bonne ni pour la santé ni pour l'environnement. Quand une eau claire — exempte de matières en suspension — est riche en nitrates et en phosphates dissous, les algues prolifèrent : c'est le phénomène d'eutrophisation. Au-delà d'un certain seuil, les algues des étages inférieurs ne peuvent plus capter la lumière, elles meurent. La microfaune s'en régale et pour sa croissance consomme l'oxygène dissous dans l'eau. Du coup, les poissons meurent par asphyxie. C'est pourquoi il faut éviter d'enrichir l'eau des rivières en nitrates.

Mais l'élimination de cette pollution est un problème nouveau. Les stations d'épuration ont été conçues à l'origine pour n'éliminer, dans les substances dissoutes, que la matière organique (sucres, etc.) à base principalement de carbone. La pollution carbonée est en effet une proie facile pour les microorganismes qui se développent rapidement, faisant chuter brutalement la teneur en oxygène dissous de l'eau. Elle se mesure d'ailleurs en laboratoire par la demande en oxygène qu'elle provoque. Les fonds s'envasent, se putrifient, dégagent des odeurs nauséabondes et les espèces exigeantes en oxygène disparaissent (les truites et les saumons en premier).

Classiquement, on élimine le carbone (**dessin A**). Les eaux usées, après un prétraitement mécanique qui les a "nettoyées" de leurs matières flottantes, de leurs graisses, des sables et des résidus grossiers, sont admises dans un premier bassin, le "décanleur primaire" ; 50 % environ de leurs matières en suspension s'y déposent ; ce sont les "boues fraîches". Dans le cas illustré ici, l'eau polluée est alors envoyée dans un "bassin d'aération" où se trouvent les microorganismes épurateurs. Dans ce bassin où l'on injecte de l'air pressurisé, les bactéries se regroupent autour de la matière organique, utilisent son carbone et rejettent

du gaz carbonique. Ces bactéries, outils de la dépollution, sont en culture libre et constituent les "boues activées". Elles se reproduisent vite. Après un temps de séjour déterminé par la taille du bassin et la quantité de pollution à dévorer (la "charge" entrant dans la station), la liquette mixte — eau + boues activées — est envoyée dans un troisième bassin, le "décanleur secondaire". Les boues floquent et décantent tandis que l'eau clarifiée est rejetée dans le milieu naturel, mer ou rivière. Les boues décantées sont recyclées dans le bassin d'aération, sauf une partie qu'on envoie avec les boues fraîches dans des cuves closes appelées digesteurs ; leur fermentation dégage du méthane et fournit des boues désodorisées, imputrescibles, qui sont ensuite déshydratées et utilisées comme engrains.

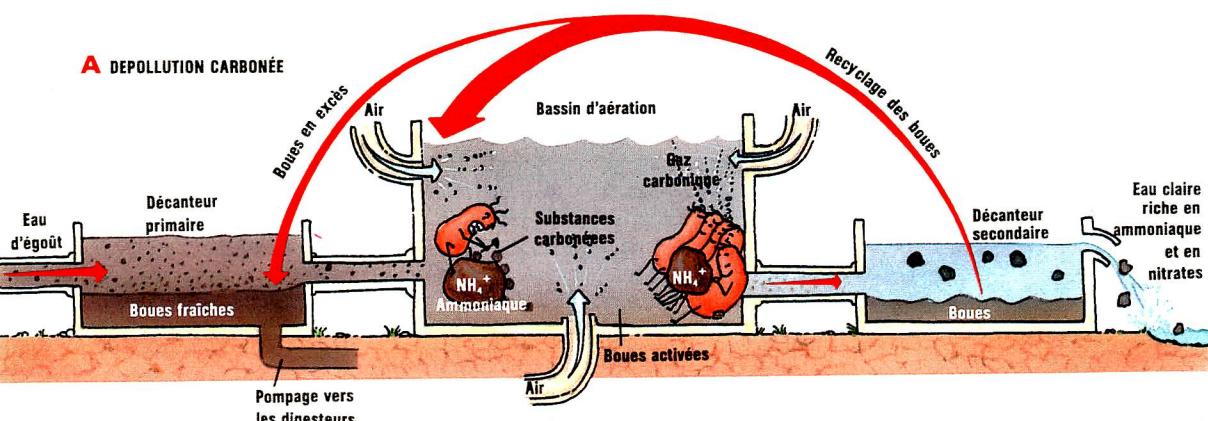
Il est plus compliqué d'éliminer l'azote (**dessin B**). Les protéines, l'urée (azote organique) d'une eau d'égout se transforment rapidement en ammoniac (azote minéral), substance toxique pour les poissons. L'épuration idéale consiste à transformer cet ammoniac en azote gazeux, mais c'est impossible à faire en une seule étape. Il faut d'abord transformer l'ammoniac en nitrates (nitrification), puis réduire les nitrates en azote gazeux (dénitrification). Or, ces deux réactions, œuvres des bactéries, exigent des conditions opposées et doivent donc alterner.

Pour se développer, les bactéries dénitritifiantes ont besoin de carbone organique, donc il faut les faire travailler en tête sur l'eau polluée (1). Le bassin est alors brassé, mais non aéré (anoxie), car pour libérer l'azote les bactéries doivent utiliser l'oxygène des nitrates et non celui qu'elles trouveraient libre, dissous dans l'eau. Les nitrates, formés dans la partie aérée du bassin (2), viennent du recyclage des boues déposées dans le décanleur secondaire, constituées à 0,5 % de

matière sèche et à 99,5 % d'eau avec les nitrates dissous (3). Les bactéries nitrifiantes qui forment des nitrates à partir de l'ammoniac (nitrification) sont, elles, très gourmandes en oxygène : elles réclament 4,2 mg d'oxygène pour nitrifier 1 mg d'ions  $\text{NH}_4^+$ , alors que les bactéries classiques n'exigent qu'un mg d'oxygène pour dégrader un mg de pollution carbonée. L'aération du bassin où s'effectue l'épuration doit donc être beaucoup plus poussée, ce qui se traduit par des coûts de consommation énergétique plus élevés.

De plus, les bactéries nitrifiantes sont plus sensibles au froid et travaillent donc moins bien l'hiver. Enfin, elles se développent beaucoup plus lentement, car elles consomment pour leur croissance le carbone des carbonates dissous, plus difficile à capturer que celui des molécules organiques. Résultat : on doit les renouveler moins fréquemment dans le bassin (la nitrification se fait avec des boues plus "âgées"). Concrètement, cela signifie que les eaux usées doivent séjournier plus longtemps dans des bassins d'aération plus grands. Ainsi, à Achères (Yvelines), la station d'épuration qui traite la pollution carbonée de toute l'agglomération parisienne, les eaux usées (2,1 millions de m<sup>3</sup> par jour) ne séjournent que deux heures dans les bassins d'aération ; à Valenton (Val-de-Marne), la nouvelle station conçue pour éliminer la pollution azotée, les eaux usées (150 000 m<sup>3</sup> par jour "seulement") y séjournent dix heures.

Pour qu'une station classique nitrifie tout en continuant à traiter la même quantité de pollution, ses bassins d'aération devraient devenir au moins cinq fois plus grands ; fonctionnant à plus faible charge, elle traiterait d'autant mieux la pollution carbonée. Mais le surcoût est estimé à 25 % de l'investissement pour une ville de 10 000 à 100 000 habitants (l'unité de Valenton, qui correspond à une population de 500 000 habitants a coûté 1 mil-





liard de F). A Achères, après la cinquième tranche, dont la construction est prévue pour porter la capacité de traitement à 2,7 millions de m<sup>3</sup> par jour, une nitrification à l'aval est à l'étude par des procédés de biofiltration ; les bactéries nitrifiantes sont fixées sur un support en matériau granulaire (argile ou polystyrène expansé) où on fait passer l'eau à traiter et l'air oxydant. Ces biofiltres sont la version moderne des anciens champs d'épandage ou des lits bactériens sur sols artificiels.

Outre les stations d'épuration spécialement conçues pour la nitrification, les stations classiques qui fonctionnent à faible charge nitrifient aussi sans le vouloir. Elles rejettent donc des nitrates au milieu naturel (mer, rivière). C'est déjà mieux que de l'ammoniac. Peuvent se limiter à cette étape les stations assujetties à la norme sur l'azote Kjeldahl seul (NK = azote organique + azote ammoniacal). Cette norme fixe que l'échantillon moyen de l'eau rejetée pendant vingt-quatre heures ne doit pas dépasser le seuil maximal de 40 mg/l d'azote Kjeldahl pour la moins sévère et 10 mg/l pour la plus sévère ; pour mémoire, un habitant rejette 15 g d'azote par



jour dans environ 200 litres d'eau, soit en moyenne 70 mg/l de NK.

Quand l'eau rejetée doit aussi être pauvre en nitrates (parce que la rivière dans laquelle elle se jette a déjà des teneurs limites, par exemple), la station d'épuration doit alors en plus dénitrifier pour satisfaire aux normes calculées cette fois sur l'azote global (NGL = azote Kjeldahl + azote des nitrites et des nitrates) : moins de 20 mg/l dans les rejets quotidiens. Le rendement d'élimination de l'azote est en général inférieur à 70 %, sauf dans certains systèmes ruraux alternés, où il peut atteindre 93 %.

Quand l'eau qui alimente un captage d'eau potable est trop riche en nitrates (plus de 50 mg/l), on "noie le poisson" en mélangeant des eaux chargées avec d'autres qui le sont moins (interconnexion des réseaux), ou alors on change de source. Les forages en nappe sont ainsi de plus en plus profonds. Dans la Beauce, ils sont souvent passés de 80 à 180 m. Enfin, en dernier recours, il existe une solution d'urgence : traiter l'eau de consommation. Ce pis-aller est parfois incontournable temporairement. Les grands traiteurs d'eau (Degrémont, filiale de la Lyonnaise des Eaux ; OTV, filiale de la Compagnie générale des Eaux, Saur, Sogea...) ont déjà équipé une petite trentaine d'usines d'eau potable. Les procédés reposent soit sur la dénitrification biologique, soit sur la dénitrification physicochimique.

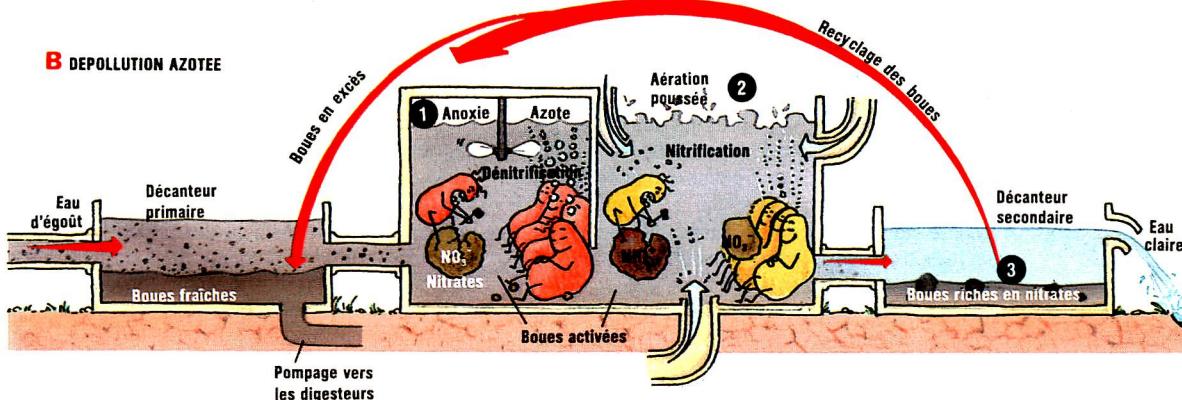
La première obéit au principe décrit pour l'assainissement, à ceci près que dans une eau de consommation il n'y a plus *a priori* de pollution carbonée ni de bactéries (photo). Il faut donc ap-

porter un substrat carboné sous forme d'éthanol ou d'acide acétique. Puis il faut faire passer l'eau sur un support de bactéries dénitritifiantes (en anoxie). Enfin, il faut filtrer et désinfecter.

La seconde méthode, plus couramment mise en œuvre, n'est qu'un transfert de pollution (**dessin ci-dessus**). On fait passer l'eau riche en nitrates sur une "résine échangeuse d'ions". En général, c'est un copolymère sur lequel sont greffés des groupements chimiques de charge positive ayant donc une affinité avec des ions de charge négative (anions). Ces anions fixés sur la résine peuvent être échangés avec d'autres ayant une affinité plus forte avec la résine, l'échelle d'affinité décroissante étant la suivante : sulfates > nitrates > chlorures > bicarbonates. Ainsi, une résine chargée en chlorures (1) va échanger ses ions avec les nitrates et les sulfates de l'eau qui la traverse (2). Au bout d'un moment, la résine est saturée en nitrates. Il faut alors la régénérer. On fait passer une solution concentrée en sel (chlorure de sodium). L'excès de chlorure déplace alors l'ordre d'affinité de la résine et les ions chlorures chassent les nitrates et les sulfates. On récupère à la sortie de la résine une saumure riche en nitrates non recyclable et rejetée dans la nature.

Daniel Baur, ingénieur chimiste, cherchant à résoudre ce problème de pollution, propose un procédé encore à l'état pilote, fondé sur un type différent de résine ; il produit des effluents de régénération contenant des nitrates et des sulfates de potassium, recyclables comme engrains.

## B DEPOULATION AZOTEE



Les engrains verts sont tout simplement des cultures destinées à couvrir le sol et à piéger les nitrates entre la récolte d'août-septembre et les nouveaux semis de mars-avril. Selon les terres et les climats, on fait pousser soit un ray-grass d'Italie, soit une céréale d'hiver, soit du colza fourrager. En Bretagne, on a actuellement une préférence pour la phacélie (*voir photo ci-dessous*), une herbe qui fixe 100 kg d'azote à l'hectare et gèle autour de 7°C, ce qui rend inutile l'emploi d'herbicide pour la faire mourir et laisser la place libre à la culture suivante. Car, en général, l'engrais vert n'est pas récolté. Tué par le froid ou détruit par un herbicide, il est enfoui entre décembre et mars, de manière à restituer lentement l'azote qu'il a absorbé.

L'efficacité des engrains verts, pour la fixation des nitrates, est véritablement spectaculaire. A l'INRA de Colmar, lors d'une étude en cases lysimétriques (1), une moutarde cultivée sur sable argilo-limoneux a fait chuter la quantité de nitrates lessivés de 118 kg à l'hectare (sur sol nu) à 10 kg. Sur limon argileux, la déperdition est passée de 60 kg à 1 kg.

On peut aussi semer l'engrais vert en association avec la culture, comme l'herbe que l'on fait pousser

entre les rangs de vigne pour éviter que le sol s'érode et que l'eau ruisselle trop rapidement en bas des pentes. Ainsi, dans les Landes et en Alsace, on expérimente l'engazonnement du maïs : du ray-grass est semé en août (par hélicoptère dans les Landes), peu avant la récolte.

Il est vrai que le maïs est une culture particulièrement polluante. Dans les zones où il est produit de façon intensive, en basse Ariège par exemple, les taux de nitrates dans la nappe phréatique atteignent facilement 80 mg par litre, et augmentent d'environ 2 mg/l par an. La raison en est simple : on met trop de fertilisant. L'apport moyen couramment pratiqué est de 240 kg d'azote par hectare. Or, le sol en fournit déjà près de 100 kg, et les besoins de la plante tournent autour de 260 kg. Résultat : il y a 80 kg de trop qui ne demandent qu'à aller rejoindre la nappe ! Comme le dit un technicien, « la culture du maïs est une réussite économique, mais une catastrophe écologique ». L'INRA de Toulouse, préoccupé par la situation, a cherché des remèdes. Pour réduire les pertes de nitrates, il préconise la culture d'un engrais vert pendant la



**Les pièges à nitrates.** La phacélie comme tout "engrais vert" se sème à l'automne pour être enfouie en hiver. Le but est de capter les nitrates et de restituer de la matière organique.

periode creuse ou bien l'irrigation fertilisante (60 % de l'apport azoté est dissous dans l'eau d'irrigation).

En juillet 1978, le futur P-DG de l'INRA, Jacques Poly, alors directeur scientifique, lançait un premier appel "pour une agriculture plus économique et plus autonome". Deux ans plus tard, Stéphane Hénin récidivait dans un rapport sur "l'activité agricole et la qualité des eaux". Mais la confiance régnait alors : « L'agriculture, grâce au pouvoir épurateur des sols, peut aider à résoudre les problèmes de lutte contre la pollution, et la maîtrise de la consommation des produits intermédiaires (engrais, semences, pesticides) permet une agriculture plus économique et plus respectueuse de l'environnement... » C'était compter sans le paiement et les aides communautaires au quintal produit, qui a stimulé l'intensification et les disparités régionales. Aujourd'hui, l'irrigation vient en renfort de la fertilisation pour creuser ces inégalités. En Poitou-Charentes, elle "pompe" 50 % du budget régional pour une minorité de bénéficiaires. La proportion de terres agricoles irriguées y a triplé en dix ans. Elle y atteint aujourd'hui 6 % (moyenne nationale) et l'eau manque déjà ! Dans le Sud-Ouest, les "irrigants" sont devenus les premiers consommateurs nets des eaux superficielles, et les prélèvements ont évidemment lieu l'été, donc en période d'étiage, là où les approvisionnements en eau sont les plus critiques. L'été dernier, l'hectare de maïs irrigué, pour fournir de 100 à 120 quintaux, a exigé jusqu'à 4 000 m<sup>3</sup> d'eau, contre 1 700 en année moyenne !

Mais en 1989, ce sont les nitrates qui préoccupent la commission de la Communauté européenne. Elle soumet aux douze Etats-membres une proposition de directive « concernant la protection des eaux douces, côtières et marines contre la pollution par les nitrates ». L'agriculture est la première visée. Il est demandé aux Etats de délimiter des zones sensibles et d'y imposer des mesures drastiques telles que la limitation de l'épandage par une redéfinition des charges maximales d'animaux à l'hectare (2 vaches laitières, 16 porcs à l'engrais, 133 poules pondeuses, etc.). Les Français, eux, préféreraient que l'on prenne comme critère le "bilan annuel de l'azote à l'exploitation", c'est-à-dire la comparaison entre les entrées d'azote (engrais, aliments pour bétails, etc.) et les sorties d'azote (récoltes, produits laitiers, animaux engrangés, etc.) au niveau de l'exploitation. Un excédent d'entrées par rapport aux sorties indiquerait une pollution possible et une perte économique réelle pour l'agriculteur. A l'inverse, des sorties supérieures aux entrées dénoteraient un appauvrissement des terres. De semblables bilans sont déjà pratiqués dans certains départements français (côtes d'Armor, Mayenne, Seine-et-Marne...).

Pour que ces multiples avertissements, conseils

## NITRATES : QUI POLLUE LE PLUS ?

N'en déplaise aux "jardiniers" du paysage, bien que l'épuration des eaux rejetées par l'industrie et les habitants soit loin d'être parfaite, l'agriculture et l'élevage sont devenues les activités les plus "polluantes" des eaux souterraines.

La pollution industrielle étant localisée et facile à identifier, elle ne peut persister que par un manque de volonté politique à l'arrêter. La pollution domestique peut être plus diffuse. Chaque habitant rejette dans les fèces et urines 15 g d'azote par jour soit 5 kg par an sous forme organique et ammoniacale. Dans les zones à habitat dispersé (communes rurales ou en périphérie urbaine), où les gens relèvent d'un système d'assainissement autonome, 5 millions d'habitants seulement sur les 11 millions concernés étaient équipés de façon correcte en 1985 (la situation n'évolue que très lentement).

La situation n'est guère plus brillante pour l'assainissement collectif. En 1986 la pollution totale rejetée par les agglomérations était estimée à 70,75 millions d'équivalent-habitant (1 équivalent-habitant consiste en une pollution quotidiennement rejetée de 57 g de matière organique), 53 provenant de la pollution domestique et 17,75 des industries.

Mais seulement 51 % de cette quantité était alors raccordée à une station d'épuration (à peine 3 % de plus qu'en 1981) ! De plus, les stations anciennes n'ont pas été conçues pour éliminer l'azote (voir encadré p. 82). Le peu d'azote qu'elles éliminent aboutit dans les "boues" d'épuration constituées de l'excès concentré des bactéries qui ont digéré la pollution. Ces boues sont utilisées après



traitement comme engrains ; on peut au passage remercier l'agriculture d'être l'exutoire de ces déchets dont on ne sait que faire !

Donc, dans l'ensemble, de 65 à 70 % de l'azote des eaux d'égout sont rejettés dans le milieu naturel et s'y oxydent vite en nitrates. Lorsque le canal d'évacuation est mal étanchéifié, l'eau s'infiltra et les nitrates polluent la nappe, voire un captage d'eau potable, comme ce fut le cas en 1986 à Dam-bach-La-Ville, en Alsace !

Cependant, les nitrates en rivières d'origines industrielle et domestique ne représentent pas la majeure partie de cette pollution. Selon les estimations de l'Agence de bassin Seine-Normandie, les eaux de surface reçoivent 300 000 tonnes d'azote par an de ces deux sources ( $\pm$  20 000), 250 000 tonnes des élevages ( $\pm$  70 000) et 20 000 tonnes des productions végétales ( $\pm$  1 000). En revanche, la pollution des eaux souterraines, qui fournissent 68 % de l'eau de consommation contre 60 % il y a dix ans, est principalement le fait des agricul-

culteurs ; 40 000 tonnes d'azote y seraient infiltrées par les habitants et l'industrie ( $\pm$  10 000), 100 000 par les élevages ( $\pm$  30 000) et 350 000 par les productions végétales ( $\pm$  20 000 tonnes).

C'est là l'envers du décor. Les produits agricoles (céréales en particulier) sont le premier poste excédentaire de la balance commerciale, avec 34 milliards de francs en 1989, suivis par les produits des industries agro-alimentaires : + 14 milliards de francs. Notre agriculture sauve donc une économie nationale dont la balance commerciale accuse un déficit, industrie militaire non comprise, de plus de 83 milliards de francs !

Après avoir tout misé sur la compétitivité (paiement à la quantité produite obligé), la profession agricole commence aujourd'hui seulement — comme tant d'autres secteurs, en premier lieu l'automobile — à prendre en considération les critères d'environnement. Il faut reconnaître aux purs et durs de l'agriculture biologique l'antériorité de cette préoccupation.

et injonctions soient enfin suivis d'effets, faudra-t-il leur adjoindre la menace d'un bâton ou l'attrait d'une carotte ? Il existe déjà un bâton "naturel", autrement dit manié par la nature. En effet, un excès d'azote provoque la verse des céréales, diminue la valeur panifiable de la farine, abaisse la richesse en sucre des betteraves (et rend l'extraction de ce sucre plus difficile), accroît la sensibilité des plantes aux attaques parasitaires, augmente la teneur en eau des légumes, fait éclater les carottes, rougit la base des endives lors du forçage, affecte la santé des bovins, amenuise la production des poules pondeuses, etc.

Quant au bâton financier, celui qui frappe l'agriculteur au portefeuille, il sévit déjà aux Pays-Bas, où a été instaurée, en 1987, une taxe sur les phosphates applicable à toute production supérieure à 125 kg par hectare et par an (le lisier contient près de 2 % de phosphore, lequel provoque l'eutrophisation de l'eau). Une taxe sur les excédents de nitrates devrait suivre en 1991. Plus de 15 % des élevages feront faillite à cause des taxes ou des mesures d'adaptation nécessaires !

En France, les comités de bassin ont demandé aux Agences de bassin créées par la loi sur l'eau de 1964 (¹) d'étudier la mise en place d'une redevance

(suite du texte page 170)

# LA BOUTEILLE À L'ENCRE DES EAUX EN BOUTEILLE

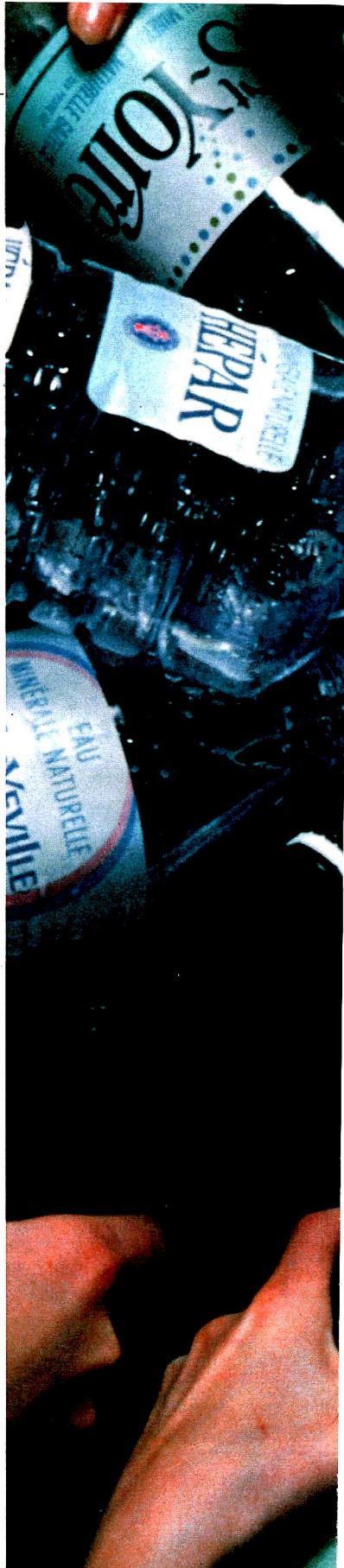
*Quelquefois meilleure que celle du robinet, l'eau en bouteille coûte, en moyenne, 313 fois plus cher. Ce sont les Français qui en consomment le plus. On trouve de tout, dans les bouteilles d'eau.*

*De la plate, de la gazeuse, de l'eau de source, de l'eau minérale et même de l'eau du robinet, tout simplement.*

**M**orbihan : une trentaine de communes ont obtenu récemment une dérogation pour distribuer une eau dont la contenance en nitrates dépassait le seuil autorisé (<sup>1</sup>). Sans cette mesure exceptionnelle, toute une région était privée d'eau. Châteauroux, dans l'Indre, fin février : 60 000 personnes sont invitées à ne plus consommer l'eau du robinet. Après de fortes pluies, les égouts s'étaient écoulés dans la nappe souterraine et une dérogation devenait vraiment impossible.

Dans de telles circonstances, on comprend la ruée sur les eaux en bouteille. En règle générale, les distributeurs d'eau du robinet déploient des techniques de plus en plus savantes pour rendre potable une eau brute de plus en plus difficile à traiter. Et leurs pronostics sont si pessimistes qu'ils annoncent un doublement du prix de l'eau dans les dix ans à venir.

Quant aux embouteilleurs d'eau, ils voient leurs ventes s'en-voler depuis une dizaine d'années. Les Français ont ingurgité





4,7 milliards de litres d'eau en bouteille en 1989, soit 85 litres par habitant. Le coût ne les a nullement découragés. Pourtant, alors que l'eau du robinet ne coûte, en moyenne, que moins d'un centime par litre — avec de forts écarts d'une région à l'autre —, le litre d'eau en bouteille atteint 2,50 F, toujours en moyenne.

Même si l'eau de distribution publique n'est pas parfaite dans toutes les communes (voir *Science & Vie* n° 780), elle répond généralement aux normes, principalement dans les grandes villes où elle est traitée par des usines ultramodernes. L'engouement du consommateur français peut s'expliquer par la finesse de son palais et son horreur pour le chlore. C'est ce que démontre une étude menée dans quatorze villages de la Meuse et de la Meurthe-et-Moselle (¹). Les communes qui chlorent régulièrement leur eau, pour qu'elle soit conforme aux normes bactériologiques, enregistrent des records de consommation d'eau embouteillée : 59 % contre 28 % dans les autres communes. Pureté, santé, minceur... L'intense publicité financée par les embouteilleurs n'est évidemment pas étrangère à cette croissance continue de la demande.

On retrouve donc un peu le double réseau d'alimentation qui existait à Paris au début du siècle : une canalisation d'eau potable à côté d'une canalisation d'eau brute. Aujourd'hui, ce sont deux types d'eau potable qui sont en concurrence, l'une publique et l'autre privée, le service public étant, le plus souvent, concédé à de grandes sociétés privées dont l'eau est le métier (Lyonnaise des Eaux, Générale des Eaux...).

Mais toutes les eaux en bouteille ne sont pas des eaux minérales. En France, il existe trois grandes catégories d'eaux embouteillées : eaux de table, eaux de source, eaux minérales.

**L'eau de table**, c'est tout simplement de l'eau du robinet, aussi saugrenu que cela puisse paraître. La législation française autorise en effet que l'on com-

mercialise de l'eau traitée après l'avoir mise en bouteille. Peu important, ce commerce tend à disparaître, depuis que les consommateurs sont capables de lire les étiquettes.

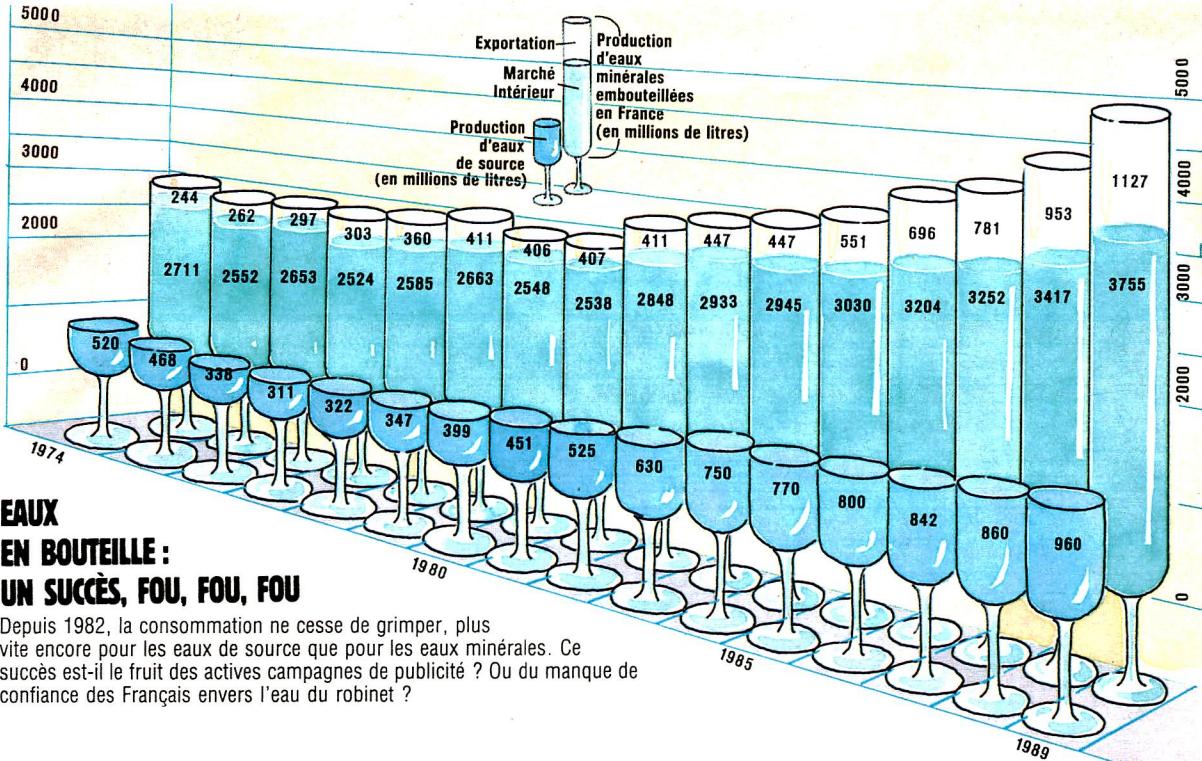
Il semble qu'il existait encore une bonne douzaine d'exploitants il y a un an, souvent des brasseries, bien que le ministère de la Santé ne soit pas en mesure de citer le chiffre exact. D'après l'enquête de *Science & Vie* dans le nord de la France, l'une des régions où ce commerce est le plus répandu, il ne subsisterait plus qu'à Lambres-lez-Douai, du moins en ce qui concerne le département du Nord. La nouvelle réglementation européenne qui vise à remplacer la dénomination "eau potable" par "eau rendue potable par traitement" risque d'être fatale à cette surprenante activité.

**Les eaux de source** sont nettement supérieures. Il en existe une centaine en France, exploitées par 47 sociétés. Ces sociétés vont de la petite exploitation familiale produisant 5 millions de bouteilles par an (dans la profession, on parle de "cols") aux plus grosses installations d'où sortent jusqu'à 50 millions de cols, et même 100 millions pour le Clos de l'Abbaye, à Saint-Amand-les-Eaux. La plupart de ces producteurs sont indépendants et, hormis quelques exceptions, comme la source Pierval, à Pont-St-Pierre dans l'Eure, qui appartient à Vittel, ou la source St-Lambert dans les Yvelines qui est la propriété de Perrier, ils n'ont rien à voir avec le monde des eaux minérales.

Les eaux de source ont leurs anecdotes : la source des Oiseaux, près de Cherbourg, s'est baptisée "eau de roche", au mépris de la réglementation. La poésie de cette appellation non conforme a peut-être séduit le service de la répression des fraudes ; en tout cas celui-ci a fermé les yeux. Il est vrai que cette eau n'a qu'une diffusion confidentielle. On dit que les clients la mettent eux-mêmes en bouteille, moyennant quelque monnaie. Mais l'administration a été plus sévère envers des eaux qui se

## LES FRANÇAIS PREMIERS PRODUCTEURS D'EAU MINÉRALES





## EAUX EN BOUTEILLE : UN SUCCÈS, FOU, FOU, FOU

Depuis 1982, la consommation ne cesse de grimper, plus vite encore pour les eaux de source que pour les eaux minérales. Ce succès est-il le fruit des actives campagnes de publicité ? Ou du manque de confiance des Français envers l'eau du robinet ?

prétaient "magnétisées" (3).

Selon le syndicat professionnel, il s'est vendu en 1989 960 millions de litres d'eau de source. Trois fois plus qu'il y a dix ans. Cette progression accélérée inquiète un peu les vendeurs d'eau minérale qui, bien qu'ils enregistrent des ventes près de quatre fois supérieures, ont un taux de progression moins spectaculaire.

Considérées comme les cousins pauvres (elles se vendent deux fois moins cher que les eaux minérales), les eaux de source représentent le quart du marché des eaux embouteillées, alors qu'elles n'en occupaient que de 13 à 14 %, il y a une dizaine d'années. Contrairement à leurs riches cousines, elles ne s'exportent que rarement et ont plutôt une vocation régionale, couvrant un rayon de 200 km. Au-delà, les frais de transport dépasseraient les 7 ou 10 centimes par bouteille et l'exploitation ne serait plus compétitive. Pour accroître leur rentabilité, les sociétés fabriquent souvent, à partir de la source, des produits à plus forte valeur ajoutée, comme les sodas et les jus de fruits, qui représentent souvent 20 à 30 % du tonnage, mais 50 % du chiffre d'affaires.

Quant à leur origine, ce sont des eaux venues de nappes souterraines, profondes de préférence, afin qu'elles soient préservées de la pollution. Cette condition est incontournable, car la législation impose des normes de "potabilité" et interdit par ailleurs tout traitement. Cette double contrainte pose quelques problèmes, particulièrement en ce qui concerne le taux de nitrates.

En Bretagne, où les nappes sont peu profondes, certaines sources ont dû fermer. C'est le cas de celle de Langoat, dans les côtes d'Armor, que les

salariés s'apprêtaient à reprendre sous forme de coopérative au patron proche de la retraite. L'eau de Langoat, encore au-dessous des normes en nitrates, s'en rapprochait dangereusement. Dans la plaine de Muret, près de Toulouse, la source de Montégut a subi le même préjudice, fin 1986. Le taux de nitrates atteignait 46 mg par litre, alors que la norme européenne est de 50. L'administration a déclassé cette eau, qui est descendue dans la catégorie des eaux de table, la moins prestigieuse. Ce qui n'a pas empêché le groupe Perrier de l'acheter.

A la source Katell Roc, dans le Morbihan, en plus des traces d'hydrocarbures sur l'origine desquelles l'administration et les laboratoires s'interrogent encore, le taux de nitrates devenait préoccupant. Verdict : fermeture de l'exploitation. Une étude menée il y a un peu plus de cinq ans par le ministère de la Santé montrait que, sur un échantillon de 61 usines d'eaux de source, 13 mettaient déjà en bouteille de l'eau dont la teneur en nitrates dépassait 25 mg par litre.

Jacques Tréherne, qui préside aux destinées du syndicat des eaux de source, est fermement décidé à demander l'aide des pouvoirs publics pour protéger cette activité. Mais il ne sera sans doute pas facile d'obtenir le respect des périmètres de protection autour des captages. Le propriétaire de Katell Roc avait essayé sans succès de racheter les terrains alentour aux agriculteurs. Ces derniers ont préféré continuer à épandre leur lisier.

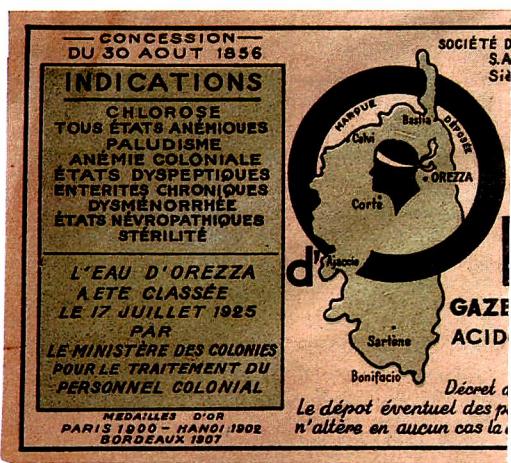
Il est rarissime aujourd'hui de capter l'eau directement à la source, ou "émergence". On procède à des forages de plusieurs dizaines ou plusieurs centaines de mètres, pour éviter les pollutions superficielles. Moins bien loties que les grosses sociétés

# Eaux minérales : pas toujours potables

COMMUNE	DÉPARTEMENT	SOURCE	MINÉRALISATION TOTALE (norme : 1500 mg/l)	BICARBONATES (pas de norme)	CHLORURES (norme : 250 mg/l)	SULFATES (norme : 250 mg/l)	NITRATES (norme : 50 mg/l)	FLUOR (norme : 1,5 mg/l)	CALCIUM (pas de norme)	MAGNÉSIUM (norme : 50 mg/l)	POTASSIUM (norme : 12 mg/l)	SODIUM (norme : 150 mg/l)
Amanda	59	Saint-Amand-les-Eaux	1320	292.2	62.4	666	<0.2	2.5	236.5	76	8.4	44
Amélie	38	Cornillon-en-Trièves	1230	1387.8	9	27.8	2	0.13	414	25.8	2.45	38.6
Astrid	07	Genestelle	1645	1691.4	41	7.2	0		263.3	62.1	29.1	240
Auvergne	38	Cornillon-en-Trièves	1062	1116.3	8.8	55.9	4.1		296.1	62.3	3.6	36.2
Bonne Fontaine Charrer (La)	03	Laprugne	36	12.2	6.5	0.6	4.3	0.05	2.4	0.41	0.45	4.3
Brault 3	42	Sail-sous-Couzan	2109	2177.7	63.5	41.8	<0.2		82.6	60.9	133.6	634
Castel Rocher	63	Châteauneuf-les-Bains	2213	2165.5	95	97	<0.5	0.6	258.8	67.5	31.3	466
Célestins (des)	03	Vichy	3467	3198.7	253.3	136.7	<0.2	5.8	102	10.5	69	1250
Chantemerle	07	Meyras	161	146.3	2.2	5	<0.2	0.31	15.7	7.1	1.54	10.7
Chapelle (La)	63	Saint-Maurice	1636	1226.1	242.5	172	9.6		188.3	110	38.7	258.5
Clairvie	63	Volvic	102	63.4	8.7	5.8	3		9.4	5.6	5.1	8.2
Clos de l'Abbaye	59	Saint-Amand-les-Eaux	889	312.6	40.25	372.5	0.2	1.74	176.25	46.5	5.95	28.3
Colette	66	Boulou (Le)	4749	4825	446	4	<0.1	1.5	386	143	62.5	1350
Coustalou (Le)	46	Saint-Martin-le-Redon	322	355.6	10.6	6.4	1.1	0.07	114	2.8	0.4	4.8
Eaux Chaudes (Les)	11	Alet-les-Bains	292	292.8	19.2	16.2	2.6	0.14	57.8	23.2	2.2	2.2
Elvina	49	Dax	925	125.6	168	363.5	0	1.3	108	30.5	22.2	129
Evian Sources Cachat	74	Evian-les-Bains	305	352	3.6	11.3	2.7	0.07	76.6	24.7	1.1	5.5
Favorite-Délicieuse	07	Vals-les-Bains	502	2501	44.7	83.5	0.6	2	45.9	24.9	72.3	840.3
Ferrugineuse Incomparable (La)	07	Asperjoc	992	1146.8	11.8	6.5	0.4		122.9	46.5	21.1	211.5
Fontaine Didier	972	Fort-de-France	1245	1351.1	23.9	6.5	<0.2	<0.05	170.8	105	1.65	128
Française (La)	26	Propiac	3509	239.12	992	1088	1	0.2	363.5	84.7	26.2	685
Gazeuse 1	64	Ogeu-les-Bains	247	175.1	42.2	18.7	1.2	0.06	48.8	10.9	0.77	23.8
Geyser 4	42	Montrond-les-Bains	1683	2915.8	47.3	8.9	0		24.1	17.5	8.8	1087
Gonzenbach	68	Soultzbach-les-Bains	715	649.8	48	38.1	0.5	0.9	91	26	16	130
Grande Grille	03	Vichy	5015	4681.8	341.5	181	0	8.9	98.8	10.3	100	1893.3
Grande Source	88	Vittel	840	387.9	10.4	323	7	0.2	201	38.7	2	3.7
Great Source	88	Contrexéville	2383	326.3	5.3	1456	<0.2	0.47	570	72.5	4.2	14.5
Groupe des Sources Badoit	42	Saint-Galmier	1052	1420.7	64.5	48.1	5.3	1.5	222	92.5	10.9	171
Hamel (du)	42	Sail-les-Bains	321	216.6	35.4	18.4	1		22.1	2.22	5.4	102
Hépar	88	Vittel	2685	376.8	7	1584	1.2	0.29	575	118	4.7	12.5
Hôpital	03	Vichy	5118	4834.3	337	176.5	0	7.8	156.3	11.3	101.3	1861

d'eaux minérales, qui peuvent se payer des laboratoires de surveillance bien équipés, les petites sources, surtout si elles sont proches de zones urbaines et de l'agriculture intensive, ont un avenir difficile. C'est peut-être ce qui explique que certaines d'entre elles, la plupart du temps pour se prémunir contre d'éventuels risques bactériologiques, surpassent la législation et s'arrangent pour stériliser leur eau. L'administration en est consciente mais n'arrive pas à confondre les coupables. Utilisent-ils des filtres à membranes ou à charbon actif (¹) qui retiendraient les bactéries ? Du chlore en quantité suffisamment faible pour qu'il se décompose rapidement et ne laisse pas de goût ? D'autres désinfectants ?

Ce qui a éveillé les soupçons de l'administration,



COMMUNE	DÉPARTEMENT	SOURCE	MÉNÉRALISATION TOTALE (norme : 1500 mg/l)	BICARBONATES (pas de norme)	CHLORURES (norme : 250 mg/l)	SULFATES (norme : 250 mg/l)	NITRATES (norme : 50 mg/l)	FLUOR (norme : 1,5 mg/l)	CALCIUM (pas de norme)	MAGNÉSIUM (norme : 50 mg/l)	POTASSIUM (norme : 12 mg/l)	SODIUM (norme : 150 mg/l)
Janette	66	Boulou (Le)	4724•	4654	469•	2.4	<0.1	2.4•	342.5	121•	62.5•	1400•
Légère	88	Contrexéville	2040•	379.4	7.7	1208•	2.3	0.28	473.8	80.5•	3.4	8
Marie-Christine Nord	63	Breuil-sur-Couze (Le)	6375•	6722.2	367•	10.8	0	0.22	213.5	243•	194.4•	1945•
Montfras	45	Chambon-la-Forêt	335	317.2	23.3	8.9	<0.2	0.11	91.2	5.6	3.4	9
Nessel	68	Soultzmatte	1290	1184	36.2	70.5	0.6	1.33	133.5	49	33•	238•
Orée du Bois	59	Saint-Amand-les-Eaux	1277	289.1	61.1	626•	<0.2	2.68•	233.5	69.5•	8.6	41.5
Parot	42	Saint-Romain-le-Puy	1805•	1817.8	66.1	61.9	1	78	51.4•	59.8•	538•	
Pavillon	88	Contrexéville	2140•	373.3	7.2	1202	0.9	0.26	471	85•	3.1	7.5
Perrier	30	Vergèze	447	336.7	30.9	51.1	13.1	145.3	3.5	1.1	13.8	
Pioule (La)	83	Luc (Le)	585	377.6	23	165	11.2	156	22.1	0.9	17	
Préservatrice (La)	07	Arcens	1280	1354.2	42.7	8.5	<0.2	0.91	25.5	38.5	7.73	429.5•
Puits Saint-Georges	42	Saint-Romain-le-Puy	1590•	1567.7	50.4	60.7	1	44.7	35	56•	488•	
Raphy Saint-Simon	73	Aix-les-Bains	332	337.9	2.6	29.8	<0.2	0.15	83.5	23.4	1.1	3.1
Regina	03	Cusset	2219•	2116.7	68	153	1.4	5.6•	112.8	14.2	56•	728•
Reine des Basaltes (La)	07	Asperjoc	1246	132.1	12.1	7.3	<0.2	0.57	132.1	67.9•	26.9•	238.8•
Reine Lorraine	88	Contrexéville	2301•	333.6	3.9	1288•	<0.2	0.27	525	65•	3.6	9.7
Royale	03	Saint-Yorre	4647•	4398.1	321.5•	173	<0.5	8.9•	101.5	10.5	114.5•	1735•
Royale-France	03	Mariol	2886•	2790.1	165.5	80.5	<0.2	2.30•	33.7	7.5	77•	1092•
Rozana (des Romains)	63	Beauregard-Vendon	2899•	1836.1	655.1•	220.3	0	323.2	170.9•	53•	515•	
Saint-Alban	42	Saint-Alban-les-Eaux	1533•	1726.3	20.1	5.9	<0.2	1.78•	186	63•	45•	299•
Saint-Jean Lachaud	07	Vals-les-Bains	404	439.2	8.6	28.2	<0.5	0.54	44.1	23.1	6.6	72.5
Sainte-Anne	33	Arcachon	228	122	96.9	7.5			19.7	9.8	4.2	71.7
Sassay	22	Planoët	231	158.6	33.3	10.8	10.8	46.8	8.2	2.9	25.9	
Sergentale	63	Châtedon	194	2150.3	7.4	20	<0.2	1.55•	405	46.6	40.8•	240.5•
Sorgente Sottana	208	Rapaggio	621	753.4	9.5	11.9	<0.2	0.13	197.5	19.6	0.9	5.15
Suprême du Rigodel (La)	07	Asperjoc	990	1043	18.6	15.9	<0.2	0.8	89.6	36.4	19.7•	217•
Vauban	59	Saint-Amand-les-Eaux	1294	278.8	59.9	620•	0.5	2.47•	231	65•	7.3	40
Ventadour	07	Meyras	222	214.7	2.5	5.2	<0.2	0.31	28.2	10.6	1.92	14.3
Vernet (du)	07	Prades	531	564.3	4.5	4.7	0	0.8	28	12.5	20•	135
Versoie (La)	74	Thonon-les-Bains	325	359.9	6.5	9.6	7.3		96.6	15.8	0.6	2

### La plupart dépassent les normes imposées aux eaux de source.

Voici la liste des eaux minérales françaises embouteillées, avec leurs teneurs respectives en différents éléments (les puces rouges soulignent les dépassements de la norme). Contrairement aux eaux de source, elles n'ont pas, réglementairement, à répondre aux normes habituelles de "potabilité". Leur label thérapeutique décerné par l'Académie de médecine les en dispense. C'est pourquoi il ne faudrait pas abuser de certaines d'entre elles. Le fluor, par exemple, qui prévient la carie dentaire à la concentration de 0,5 à 1,5 mg par litre, peut entraîner de vilaines traces sur l'émail au-dessus de 2 mg et des maladies osseuses au-dessus de 6 mg par litre. Dans le tableau ci-dessus, nous avons donc indiqué, pour chaque élément, les normes qui sont appliquées pour les eaux de source, et avons fait suivre d'un point rouge les teneurs qui dépassaient ces normes. Il n'y a pas si longtemps, on prêtait aux eaux minérales des vertus thérapeutiques aussi nombreuses que variées. Aujourd'hui, le public est un peu moins crédule et on ne prétend plus, comme sur l'étiquette ci-contre, guérir le paludisme et la stérilité. On continue pourtant à attribuer des vertus guére moins fallacieuses aux eaux minérales, mais on y met plus de sobriété.



c'est que les nappes souterraines ne sont jamais stériles. Elles abritent une flore microbienne spécifique et il est normal d'y trouver en petit nombre certains types de bactéries (*Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Acinetobacter...*) considérées comme inoffensives. Dans les bouteilles, ces germes auront tendance à se multiplier, jusqu'à un million par millilitre. Il faut savoir pourtant que ce sont des milliards de bactéries qui pullulent dans les aliments crus que nous absorbons chaque jour. Le Pr Leclerc, de la faculté de médecine de Lille, a mené durant deux ans une étude auprès de nourrissons alimentés par des biberons préparés à partir d'eau de source, un lot étant stérile, l'autre non. Il n'a pas observé de différence significative. D'autres chercheurs, comme le Dr Ducluzeau de l'INRA, sont allés plus loin en évoquant le rôle bénéfique de ces germes. Ils pourraient jouer un rôle de protection en empêchant l'implantation d'autres bactéries, qui, elles, seraient pathogènes. Une chose est sûre : l'absence de germes dans l'eau embouteillée témoigne d'une action illégale de désinfection. Les laboratoires officiels en détectent souvent.

**Les eaux minérales** contiennent les mêmes bactéries, elles constituent néanmoins le *nec plus ultra* des eaux embouteillées. Une industrie florissante occupant 15 000 personnes et réalisant un chiffre d'affaires de 8 milliards de francs. Les quelque 70 sources qui sont exploitées sur le territoire français ont produit près de 5 milliards de litres en 1989, dont un peu plus d'un milliard étaient destinés à l'exportation. La quasi-totalité du marché est entre les mains de trois groupes importants :

- Perrier, le plus puissant, possède également les marques Contrex, Volvic, St-Yorre, Vichy, Planoët et quelques sources régionales.
- BSN possède les marques Evian (la plus vendue : 1,2 milliard de litres, dont 900 000 en France) et Badoit.
- Nestlé exploite les deux sources Vittel (Hépar et Grande Source).

Ce qui les distingue des eaux de source ? L'adjectif "minéral", un label que l'administration française leur a concédé en raison de vertus thérapeutiques vraies ou supposées, reconnues par l'Académie de médecine. Les eaux minérales sont avant tout des eaux de source. Certaines, comme Volvic ou Amanda, ont d'ailleurs appartenu à cette dernière catégorie avant d'obtenir le label. Le terme est ambigu, car dans la terminologie française "eau minérale" n'est pas synonyme, comme la logique aurait pu le laisser supposer, d'"eau minéralisée", c'est-à-dire ayant une forte concentration en sels minéraux (calcium, magnésium...).

Cela a occasionné bien des discussions au moment d'édicter la directive européenne. Les Allemands ont en effet une conception différente et ne considèrent une eau comme "minérale" que si elle

contient plus de 1 000 mg par litre de sels minéraux dissous. La moins minéralisée de nos eaux minérales, la Bonne Fontaine Charrier, dans l'Allier, n'en contient que... 36 mg par litre. Mais d'autres dépassent de trois à quatre fois les normes (1 500 mg par litre), le record étant détenu par la source Marie-Christine Nord, au Breuil-sur-Couze, dans le Puy-de-Dôme, avec 6 375 mg par litre. Elle est suivie de près par toutes les eaux de Vichy, St-Yorre compris.

L'appellation "eau minérale" équivaut à un privilège royal : la marque n'a pas besoin de répondre aux normes de "potabilité". Quelques-unes en profitent et seraient interdites dans les réseaux de distribution publique (*voir tableau p. 90*). Il y en a même qui contiennent de l'arsenic. D'autres, trop riches en sodium, sont à déconseiller aux hypertendus, aux cardiaques et à ceux qui souffrent d'affections rénales. Si votre médecin vous a prescrit un régime sans sel, sachez qu'en buvant un litre de St-Yorre vous absorbez 2 000 mg de sodium. Or, si les teneurs sont indiquées en caractères minuscules sur l'étiquette, aucune mention n'est faite des contre-indications. Les exploitants d'eau minérale jouent donc sur deux tableaux. D'un côté, ils se prévalent d'un label quasi médical qui devrait être assorti de strictes limitations et, d'un autre côté, ils poursuivent une politique de promotion commerciale particulièrement agressive, exactement comme pour pour des produits de grande consommation.

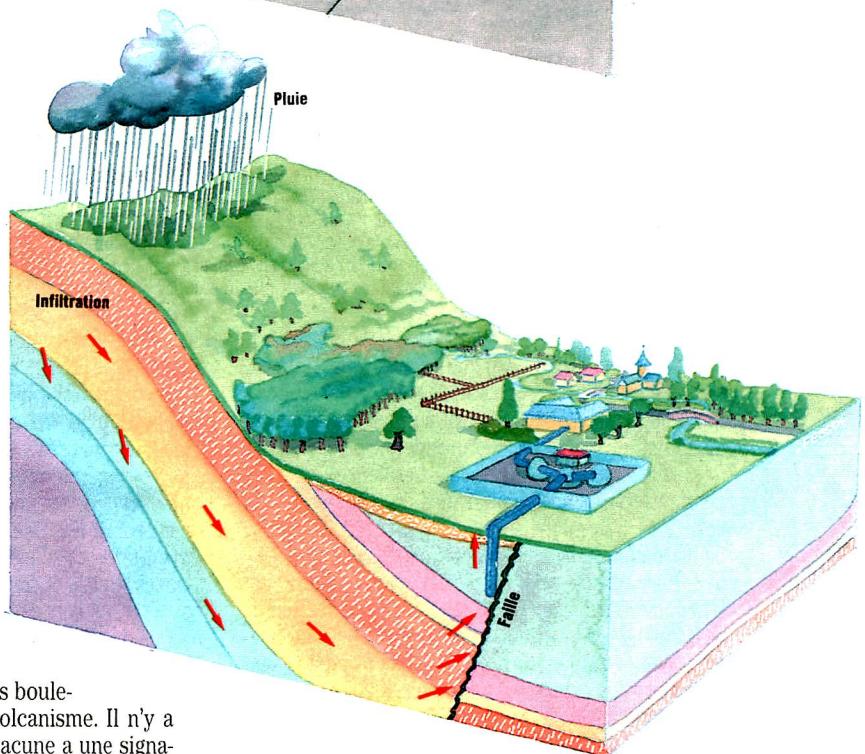
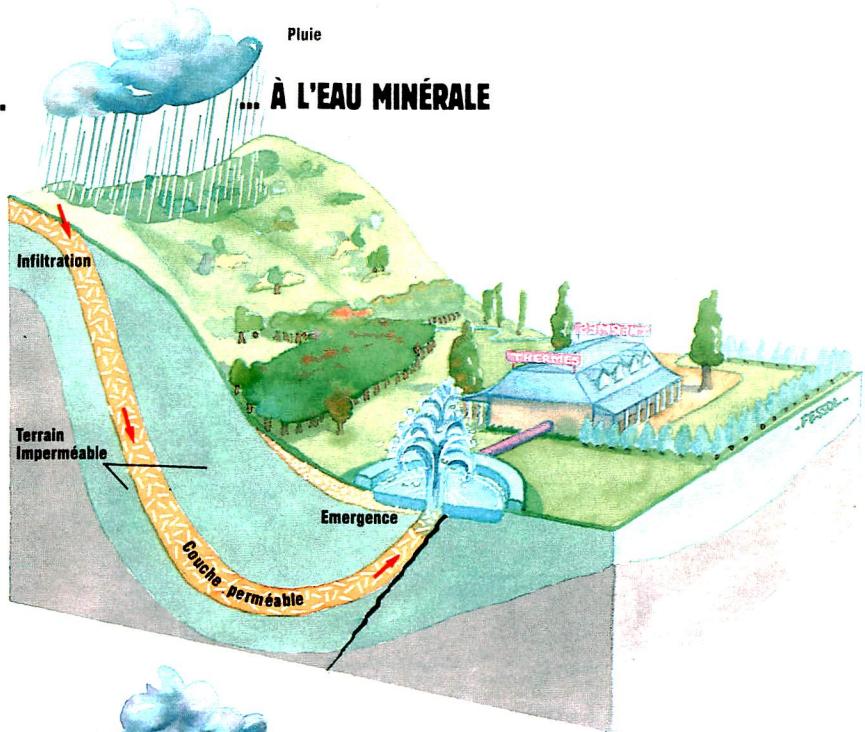
Le cas est encore plus flagrant pour le fluor. S'il est reconnu que cet élément est efficace contre la carie dentaire à des doses variant entre 0,6 et 1,5 mg par jour, on sait qu'il devient néfaste dès que l'on dépasse 2 mg par jour. Il y a alors risque de fluorose qui se traduit par des taches ou un noircissement de l'email. Au-dessus de 6 mg par jour, la fluorose menace directement les tissus osseux. Une quinzaine d'eaux minérales dépassent la norme de 1,5 mg par litre en fluor (*voir tableau p. 90*). Les eaux de Vichy et de St-Yorre frôlent les 9 mg par litre. Quand on sait que l'une des dernières manies de l'industrie alimentaire consiste à ajouter un peu d'iode par-ci, un peu de fluor par-là, on a le droit d'être inquiet. C'est ainsi que le sel fin vendu sous la marque "La Baleine" est enrichi au fluor. En caractères microscopiques figure l'inscription « ne pas consommer si l'eau de boisson contient plus de 0,5 mg de fluor par litre ». Si vous avez déchiré le sachet de plastique pour verser le sel ou si vous n'avez pas de loupe sous la main, vous risquez d'entrer dans la zone dangereuse.

Le fluor et le sodium, on ne les a pas ajoutés artificiellement dans l'eau. Parmi les eaux minérales françaises, certaines sont peu chargées en éléments dissous, mais les trois quarts en ont acquis au cours d'un long trajet dans le sous-sol. Beaucoup

## DE LA GOUTTE DE PLUIE...

Dans la zone d'infiltration, une fraction des pluies parvient à s'enfoncer lentement et profondément dans le sous-sol par le jeu combiné de la porosité des roches et de leurs failles, fissures et fractures. Au cours de leur cheminement souterrain, ces eaux peuvent se réchauffer et se charger en minéraux de toutes sortes, ainsi qu'en gaz. Lorsque la couche géologique dans laquelle elles évoluent affleure à la surface (1), à une altitude inférieure à celle de la zone d'infiltration, ou encore au hasard d'un jeu de failles (2), elles peuvent jaillir sous forme de sources. Entre le moment où une goutte d'eau s'infiltra et le moment où elle réapparaît à la surface, il s'est parfois écoulé des dizaines de milliers d'années.

se sont même enrichies en gaz, ou se sont réchauffées. Ce sont des eaux minérales au sens germanique du terme. Elles constituent des anomalies naturelles au sein du système hydrogéologique. Un millier de sources minérales ou thermales ont été recensées en France, mais toutes ne sont pas exploitées. Certaines d'entre elles ne procèdent à aucun embouteillage, l'eau étant réservée aux cures thermales (La Bourboule, par exemple). Pour la plupart, les sources se situent dans la moitié sud-est de la France, zone des grands bouleversements géologiques et du volcanisme. Il n'y a pas deux sources identiques. Chacune a une signature bien particulière, acquise au cours du cheminement à travers les roches du sous-sol et qu'elle ne pourra pas se permettre de falsifier, car la loi impose la permanence des caractéristiques. Dans l'Antiquité, les sources se voyaient souvent attribuer des vertus miraculeuses qui n'ont pas complètement disparu des messages publicitaires actuels. L'un des premiers à avoir soupçonné la vérité sur l'écoulement de ces eaux, quelque six cent cinquante ans



avant Jésus-Christ, fut Thalès de Milet, l'auteur du célèbre théorème. Mais la première théorie scientifique se trouve dans les *Discours admirables de la nature des eaux et fontaines, tant naturelles qu'artificielles*, de Bernard Palissy, celui qui avait dû brûler ses meubles pour découvrir le mystère des faïences émaillées.

Malgré la clairvoyance de ces hommes de ré-

## CERTAINES EAUX SONT RADIOACTIVES...

SOURCES D'EAUX MINÉRALES	RADIOACTIVITÉ β TOTALE	RADIUM 226 α et γ	URANIUM NATUREL α et γ
Vichy-Célestins (Allier)	3.44 Bq	0.85 Bq	<0.009 Bq
Vichy-Hôpital (Allier)	4.07 Bq	0.48 Bq	<0.08 Bq
Vichy-Grande Grille (Allier)	4.44 Bq	0.96 Bq	<0.005 Bq
St-Yorre-Royale (Allier)	4.8 Bq	0.22 Bq	0.02 Bq
St-Galmier-Badoit (Loire)	non mesuré	0.14 Bq	0.9 Bq
Sail-les-Bains-Du Hamel (Loire)	0.89 Bq	0.18 Bq	0.41 Bq
Sail-sous-Couzan-Brault 3 (Loire)	3.18 Bq	0.74 Bq	0.02 Bq
Châteldon-Sergentale (Puy-de-Dôme)	2.77 Bq	1 Bq	0.02 Bq
Beauregard-Vendon-des-Romains (Puy-de-Dôme)	1.92 Bq	1.15 Bq	0.01 Bq
Le Boulou-Colette (Pyrénées-Orientales)	1.70 Bq	0.74 Bq	0.006 Bq
Le Boulou-Janette (Pyrénées-Orientales)	4.07 Bq	2 Bq	0.08 Bq
Soultzbach-les-Bains-Gonzenbach (Haut-Rhin)	1.07 Bq	0.05 Bq	0.01 Bq
Soultzmatt-Nessel (Haut-Rhin)	1.85 Bq	<0.04 Bq	0.19 Bq

Les eaux minérales peuvent arracher des éléments radioactifs aux roches traversées : essentiellement du potassium 40, principal responsable de la radioactivité bêta, du radium 226 et de l'uranium naturel, émetteurs alpha et gamma. La réglementation française n'en donne plus la concentration maximale admissible dans l'eau de boisson (en 1988, elle était de 0,37 Bq par litre). Parmi les eaux analysées par le Service central de protection contre les radiations ionisantes, voici les plus radioactives.

flexion, deux théories ont continué longtemps à s'affronter quant à l'origine des eaux de source. Selon la première, les eaux minérales viendraient, du moins en partie, des profondeurs de la Terre. Ces eaux, appelées "juvéniles", seraient dues à la condensation des vapeurs issues du magma ou encore à la recombinaison de l'hydrogène que l'on peut trouver dans les profondeurs avec de l'oxygène infiltré dans le sol mais d'origine atmosphérique. L'hypothèse des eaux juvéniles n'est pas totalement farfelue. Le magma contient environ 5 % d'eau. Les eaux des océans étant progressivement englouties au niveau des gigantesques fractures qui entaillent la croûte terrestre, puis recyclées au cours des âges, on peut penser que l'eau du magma vient également de la surface.

Mais cette explication est de plus en plus abandonnée au profit de celle des eaux météoriques ou "vadosees". Les eaux minérales seraient tout simplement de l'eau de pluie infiltrée. Des méthodes d'analyse fondées sur la composition isotopique de l'eau ont permis d'étayer cette thèse. Certains éléments radioactifs, donc facilement décelables, sont d'origine atmosphérique. Il s'agit notamment du

carbone 14 et du tritium. Leur présence dans l'eau indique nécessairement un passage de cette eau dans l'atmosphère. Il convient toutefois de nuancer cette affirmation, car il suffirait d'un mélange avec de l'eau de nappe superficielle pour brouiller les cartes. C'est en tout cas un moyen pratique pour dater les eaux minérales. Car l'absence de tritium qui perd la moitié de sa radioactivité en douze ans, ou de carbone 14 qui met cinq mille six cents ans pour la réduire également de moitié, permet d'évaluer à plus de trente ans dans le premier cas et plus de cinquante mille ans dans le deuxième cas (cela arrive) le temps qui s'est écoulé entre le moment où une goutte de pluie s'est infiltrée dans le sol et celui où elle jaillit d'une source.

Le circuit d'une eau minérale comporte encore bien des mystères. On ne connaît pas toujours sa zone d'infiltration, c'est-à-dire la surface du sol qui absorbe les eaux de pluies qui ressortiront dans une zone d'émergence, des kilomètres et des dizaines de milliers d'années plus tard, dans certains cas. Il serait plus exact de dire qu'une fraction seulement des pluies réussiraient à s'infiltrer, s'aventurant parfois plusieurs milliers de mètres plus bas. Entre ces deux dates clés de la vie d'un système hydrominéral, l'infiltration et la résurgence, se situe le circuit souterrain qui comporte généralement une branche descendante et une branche ascendante et qui va conférer à l'eau ses propriétés. Elle se fraye un chemin à travers le dédale des couches perméables, se faufilant aussi à travers failles et fractures. Son passage à travers les différentes roches devient de plus en plus lent au fur et à mesure qu'elle s'enfonce, la perméabilité décroissant avec la pression. Le simple frottement suffit à lessiver les roches, mais les échanges sont surtout d'ordre chimique, car l'eau est un bon solvant. En descendant vers les entrailles de la Terre, sa température s'élève d'un degré environ tous les trente mètres, ce qui augmente sa capacité de dissolution. La chaleur provient à la fois de la radioactivité des roches et du noyau terrestre. Dans les zones volcaniques, le réchauffement est plus rapide encore.

L'eau tend à se mettre en équilibre avec les roches traversées et après les avoir attaquées par dissolution, elle se charge en calcium, en magné-

sium, en sodium, en potassium, etc. Parfois, elle se charge également en gaz liés au volcanisme, comme l'hélium, l'argon et surtout le gaz carbonique. C'est le cas de Perrier (voir encadré p. 97) et de Badoit.

Après avoir changé plusieurs fois de composition au cours de son périple, l'eau finit par remonter à la surface, mais rarement sous forme d'une source unique. Le terme consacré est "griffon". Partant d'un tronc de circulation central, l'eau emprunte les ramifications d'un réseau de failles qui jouent le rôle de drains et surgit en plusieurs griffons. Un bon exemple du système hydrominéral à émergences multiples est celui du bassin de Vichy. Certaines eaux surgissent à plus de 60°C, quand elles peuvent emprunter des voies rapides. Les eaux de St-Yorre, en revanche, qui appartiennent au même bassin et qui ont une composition chimique très voisine (bicarbonatées sodiques, riches en gaz carbonique), ont une température qui se situe entre 11 et 15°C, du fait d'une remontée plus lente durant laquelle elles se refroidissent, thèse accréditée par leur faible débit.

Les forces qui président à la remontée des eaux ne sont pas parfaitement identifiées par les géologues. Gaston Feneyrou, ingénieur des Mines à la retraite, qui a passé une bonne partie de sa vie à contrôler pour l'administration les sources minérales dans la région Midi-Pyrénées, donne son opinion dans un ouvrage récent<sup>(\*)</sup>. Il estime que lorsqu'une eau d'infiltration revient à la surface sous forme de source thermale, c'est essentiellement parce que la couche imperméable sous laquelle elle remonte le la profondeur affleure à l'air libre, en un point l'altitude inférieure à celle de l'infiltration». Autrement dit, la remontée serait régie par le principe des vases communicants (voir dessin p. 93). Il ne soit guère aux autres explications avancées, comme les effets de "thermosiphon" et l'action expansive des gaz. La première de ces théories met en jeu la densité moindre des eaux chaudes qui favoriseraient leur remontée à la faveur des failles, créant ainsi un "thermosiphon". La seconde théorie fait appel à la présence de gaz qui jouerait un peu le rôle de propulseur.

En arrivant à la surface, une eau minérale subit une baisse de pression et de température, une

## ... MAIS ELLES NE S'EN VANTENT PLUS



L'eau dont nous avons retrouvé l'ancienne étiquette n'est pas plus radioactive que celles citées page ci-contre ! Vantées au début du siècle pour de prétendues vertus thérapeutiques, les eaux radioactives "oublient" aujourd'hui de mentionner cette particularité.

oxygénéation partielle et une dilution par les eaux des nappes superficielles. C'est pourquoi l'eau est de plus en plus souvent captée par des forages profonds qui la mettent à l'abri de cette contamination. L'eau de Badoit est captée à 154 mètres, dans le granit. Du coup, elle n'a plus exactement les mêmes caractéristiques que celle qui a émergé du griffon durant des siècles.

On trouve de tout dans les eaux minérales. Des sources qui affleurent à peine et de véritables rivières souterraines, comme Volvic, dont le débit, 350 litres à la seconde, est suffisant pour alimenter toute la région en eau potable. Certaines sont peu chargées en minéraux (Volvic : 100 mg par litre) ou très minéralisées, comme Vichy Grande Grille (5 000 mg par litre). Elles sont plates ou gazeuses (Vichy contient 3 litres de gaz carbonique pour 1 litre d'eau à la pression atmosphérique), froides comme Vittel (11°C) ou très chaudes comme Chaudes-Aigues (82°C) ou Luchon (70°C), ces dernières n'étant pas embouteillées, mais utilisées en cures thermales. On peut malgré tout les classer en quatre grandes familles : les sulfureuses, les sulfatées, les chlorurées et les carbo-gazeuses.

## LES EAUX EN BOUTEILLE SONT-ELLES IRRÉPROCHABLES ?

On pourrait en douter après les affaires récentes qui ont secoué tant les embouteilleurs d'eaux de source (Kattell Roc) que d'eaux minérales (Perrier, Hépar). Ce ne sont pas les contrôles de l'administration qui nous renseigneront à ce sujet. Les analyses réglementaires étaient en effet, jusqu'à présent, trop peu fréquentes (une tous les deux mois) et surtout trop sommaires. Les dispositions prévues par la directive européenne de 1980 devaient améliorer considérablement cet état de fait. Ce texte aurait dû entrer en vigueur en France dès 1985, mais il ne commence à être appliquée que depuis le début de cette année, et encore pas dans toutes les régions. Précisons qu'il n'y a pas que la France qui ait traîné des pieds ! Toutefois, après la publicité faite autour des scandales récents, le ministère de la Santé a décidé de rattraper ce retard. Une vaste enquête a été lancée à l'échelon national et toutes les sources feront l'objet d'une enquête approfondie dont nous connaîtrons le résultat fin 1990.

Les embouteilleurs, qui n'ont pas le droit de traiter leur eau, protègent leur ressource avec vigilance. Ils effectuent des contrôles parallèles à ceux de l'administration, mais ne les rendent pas publics. Ainsi, plus de 200 analyses bactériologiques sont effectuées quotidiennement par le propre laboratoire d'Evian.

Nous n'avons pas retrouvé de grave problème de pollution bactérienne, hormis celle qui avait amené à condamner l'exploitation des eaux minérales d'Aix-en-Provence en 1978. L'eau jaillissait au cœur de la ville et devait probablement se frayer un chemin au travers des émanations du réseau d'égouts. Mais, de plus en plus le recours à des forages profonds ou à des galeries court-circuite les éventuelles pollutions superficielles.



Nous nous sommes livrés à un petit sondage avec l'aide de l'institut Pasteur de Lille, l'un des laboratoires agréés pour analyser les eaux. Plutôt que de rechercher des indices de contamination bactérienne, rarissimes, nous avons voulu savoir si certaines eaux n'étaient pas traitées en dépit de la réglementation. Il existe une flore microbienne que l'on trouve dans les nappes d'eaux souterraines et qui n'est pas pathogène. Lorsque l'eau n'est pas désinfectée, on doit retrouver cette flore dans les bouteilles, où elle aura tendance à se développer. Voici les résultats :

- Vittel Grande Source : à 20°C, 840 germes par ml ; à 37°C, 280 germes par ml.
- Evian : à 20°C, 16 000 germes par ml ; à 37°C, 370 germes par ml.
- Contrexéville : à 20°C, 1 germe par ml ; à 37°C, moins de 1 germe par ml.
- Volvic : à 20°C, 3 200 germes par ml ; à 37°C, 240 germes par ml.
- Hépar : à 20°C, 62 000 germes par ml ; à 37°C, 2 000 germes par ml.
- St-Léger (1<sup>re</sup> bouteille) : à 20°C, 28 000 germes par ml ; à 37°C, 15 000 germes par ml.
- St-Léger (2<sup>e</sup> bouteille) : à 20°C, 160 000 germes par ml ; à 37°C, 18 germes par ml.
- St-Jean-Baptiste : à 20°C, 1 400 germes par ml ; à 37°C, 720 germes/ml.
- Vauban : à 20°C, 2 600 germes par

ml ; à 37°C, 84 germes par ml.

La seule anomalie est l'absence quasi totale de germes dans l'eau de Contrexéville. Ou bien cette eau a subi un traitement, ou bien comme cela arrive parfois, on n'a pas rincé suffisamment les circuits d'embouteillage après la désinfection du matériel qui a lieu périodiquement.

En ce qui concerne les pollutions chimiques, elles sont souvent dues à de mauvaises conditions de stockage, une fois que les bouteilles ont quitté l'usine. Lorsqu'un carton rempli de bouteilles en plastique baigne dans une flaque d'hydrocarbures, l'eau s'imprègne à travers le plastique et ce sont généralement les consommateurs qui s'aperçoivent du goût nauséabond qu'elle a pu acquérir.

Nous nous sommes également livrés à un modeste sondage pour savoir si les eaux pouvaient être contaminées par des pesticides. Les trois bouteilles que nous avons fait analyser, Vittel Grande Source, Vauban (St-Amand) et St-Léger (Pérenniches) ne contenaient pas, du moins à un taux détectable, de pesticides de la famille des triazines, fréquemment utilisés. Ce qui n'empêche pas Vittel de mener une politique très active pour racheter toutes les terres agricoles autour de ses captages. Inquiet des pratiques de plus en plus intensives, ce groupe a préféré prendre les devants afin que sa nappe ne voit pas ses teneurs en nitrates (mais aussi en pesticides) augmenter. 600 hectares ont ainsi déjà été achetés au prix de 20 000 F l'hectare pour le propriétaire foncier, et de 20 000 F supplémentaires d'indemnité lorsque l'exploitant n'est pas le propriétaire. Ces terres ne sont pas gelées, mais remises à la disposition des agriculteurs avec un cahier des charges interdisant notamment la culture intensive.

C'est l'Académie nationale de médecine qui décerne les labels, renouvelables tous les trente ans. Il est permis de se poser des questions, car les études scientifiques qui prouveraient les propriétés thérapeutiques des eaux ne sont pas légion. S'il est vrai que les Romains, friands de thermalisme, se plongeaient avec volupté dans la mare des Bouillens, qui est celle de la source Perrier, et lui prétaient certaines vertus, ils ne la buvaient pas. C'est fou !

Déjà au Grand Siècle, Boileau était sceptique sur les bienfaits des eaux. « Je prends, tous les matins,

douze verres d'eau, plus pénibles à rendre qu'à avaler, lesquels m'ont, pour ainsi dire, tout fait sortir du corps, sauf la maladie pour laquelle je les prends. »

Le Pr Boulangé, président du haut-comité thermalisme et du climatisme, reconnaît lui-même : « La moitié des patients qui sont envoyés dans les stations thermales, en France ou ailleurs, bénéficient de soins où intervient souvent l'action physique des eaux (balnéothérapie). »

« Peut-être y a-t-il une action complémentaire, et ne le nie pas, ajoute-t-il, encore faudrait-il le démon-

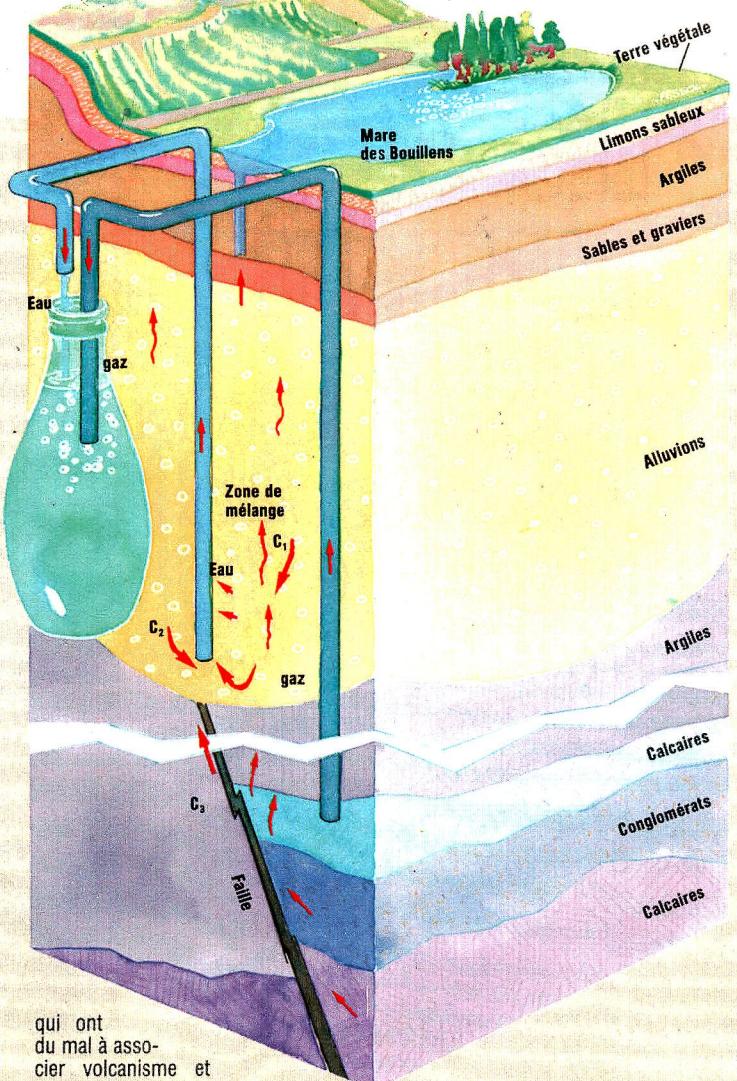
## D'OU VIENT LE GAZ DE PERRIER ?

L'eau de la source Perrier jaillissait autrefois naturellement à travers une couche d'argile de 5 mètres d'épaisseur pour aboutir dans la mare des Bouillens avec un dégagement de gaz carbonique. La légende rapporte que les troupes d'Hannibal et leurs éléphants s'y seraient arrêtés.

Aujourd'hui, l'eau est pompée à 22 mètres de profondeur dans une zone où trois eaux d'origines différentes se rencontrent. La principale "composante" (C1) est peu profonde et résulte de la traversée par les pluies des alluvions de la plaine de la Vistrenque. La deuxième (C2) arrive du sous-sol calcaire des garrigues de Nîmes. La troisième (C3) enfin, la plus minéralisée, remonte des profondeurs, elle est chaude et riche en gaz carbonique. Ce dernier est d'origine volcanique et sa concentration atteint 3,5 litres par litre d'eau. Au niveau du sol, à la pression atmosphérique, elle ne dépasserait pas 0,8 litre par litre d'eau. C'est pourquoi, dès le début du siècle et jusqu'en 1956, le gaz carbonique était recueilli sous des cloches de captage placées au-dessus de la mare des Bouillens et réintroduit dans l'eau pour reconstruire la concentration originelle.

Aujourd'hui, des forages très profonds (entre 60 et 400 m) vont chercher le gaz carbonique qui sera ensuite réintroduit à raison de 3,5 litres par litre d'eau.

Outre le gaz carbonique, qui représente 99,7 % des gaz, on trouve également, à l'état de traces, de l'azote, de l'hélium, de l'argon, du néon et paraît-il du benzène, qui aurait, en se concentrant sur des filtres, contaminé légèrement l'eau de Perrier. Ce benzène ferait partie d'hydrocarbures naturels présents dans le sous-sol. Cette théorie laisse perplexe certains géologues



qui ont du mal à associer volcanisme et formations d'hydrocarbures, les deux semblant, à première vue, incompatibles, la chaleur décomposant les hydrocarbures. Selon Jacques Avias, ancien professeur de géologie à l'université de Montpellier, grand spécialiste de cette région, mais aussi conseiller de Perrier, l'explication est pourtant tout à fait plausible, puisque des sondages ont permis de trouver des

indices pétroliers à quelques kilomètres de là. Certains chimistes trouvent, néanmoins, que la concentration de certains hydrocarbures associés à ce benzène et retrouvés dans les analyses d'eau de Perrier, comme les alcènes, semble un peu élevée par rapport aux alcanes pour évoquer des hydrocarbures naturels.

trer. A côté de cela, il y a les eaux qui, peut-être, sont des médicaments thermaux, eaux soufrées, eaux sulfatées, calciques, etc., qui peuvent avoir tel ou tel effet pharmacologique sur tel ou tel appareil. Mais il y a des eaux qui n'ont pas directement d'action physiologique et qui agissent comme un placebo. Certaines stations ont l'honnêteté et le courage de le dire.»

Qu'elles soient diurétiques semble évident. Plus on boit d'eau, plus on élimine ! Toutefois, selon des travaux réalisés dans les services d'exploration

fonctionnelle rénale et de néphrologie à l'hôpital Edouard-Herriot de Lyon, certaines eaux seraient plus diurétiques que d'autres.

L'expérience, présentée en mars 1990 par le Dr N. Poret à Grenoble, lors de la réunion de la société d'hydrologie, a consisté à faire boire à des sujets sains trois types d'eaux différentes et à analyser leurs urines. L'opération durait une journée et était renouvelée à quinze jours d'intervalle, avec une eau différente chaque fois. Il semblerait que ce soit l'eau moyennement minéralisée (type Evian ou eau du

(suite du texte page 172)

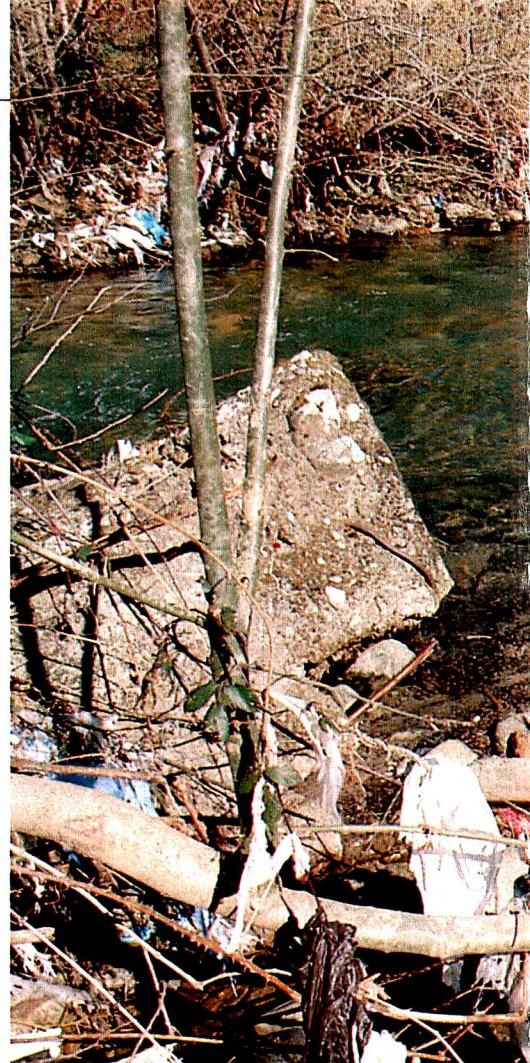
# LES TORRENTS AUSSI !

*Les pollutions mortelles sont parfois invisibles.*

*Dans les Pyrénées, l'association de "micro-pollutions", qui peuvent paraître anodines, tue lentement les nives - un ensemble de petites rivières classées parmi les 100 meilleurs coins de pêche de France.*

**C**et hiver, les truites sont mortes par centaines dans les rivières du Pays basque intérieur français : premiers signes d'une pollution chronique qui détériore les équilibres biologiques des cours d'eaux descendant des Pyrénées. Coupables : une parasitose, qui affaiblit les poissons, et un virus hémorragique. Mais ces deux agresseurs ne sont que de modestes révélateurs. Leur apparition subite est le résultat d'une vaste et progressive pollution de cette région, apparemment exempte de catastrophes écologiques : pas de grandes usines chimiques et encore moins de grosses agglomérations.

En janvier, les pêcheurs, affolés par le spectacle des poissons le ventre en l'air, ont aussitôt alerté les techniciens du service d'hygiène de la Direction de l'action sanitaire et sociale (DASS). Une analyse de l'eau l'a révélée de bonne qualité (classe 1 B). Les concentrations de nitrates, par exemple, sont dix fois moins importantes que celles tolérées par les normes européennes les plus sévères. Quant aux ions chlorures ( $\text{Cl}^-$ ), généralement caractéristiques



de la contamination des rivières par des effluents toxiques urbains ou industriels, ils sont insignifiants. Bref, il suffirait de quelques gouttes d'eau de Javel pour rendre cette eau de rivière potable.

Pourtant, l'eau des nives, cet ensemble de petites rivières (nive des Aldudes, nive d'Arneguy et nive d'Esterençuby) qui descendant des Pyrénées, a montré sa nocivité. Ces torrents se rejoignent dans la vallée après Saint-Jean-Pied-de-Port (*voir carte p. 100*) et forment la Grande Nive, qui se jette dans l'Adour juste avant Bayonne. Une partie en est d'ailleurs épurée pour alimenter en eau potable certains quartiers de cette ville.

Pour compléter l'analyse physico-chimique de la DASS par une étude physiologique, la Direction du service vétérinaire des Pyrénées-Atlantiques a disséqué les cadavres de truites. Il s'est avéré que les salmonidés sont infectés par un champignon parasite, le saprolégnia. La maladie qui en résulte, la saprolégniose, attaque de préférence les branchies et les petites lésions sur la peau des truites. Autant d'interstices par lesquels le champignon



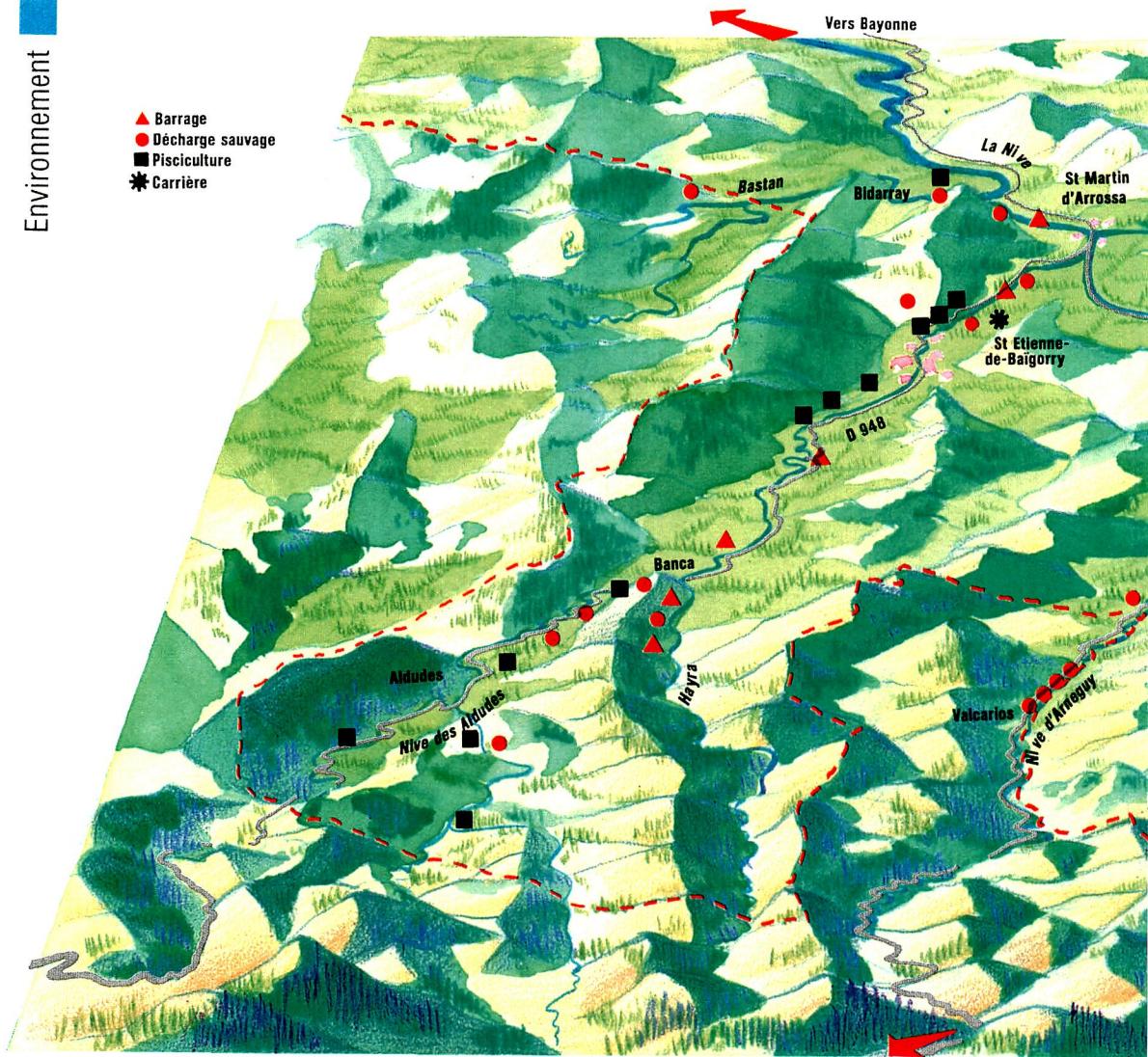
suce la chair du poisson en y tissant sa toile de filaments mousseux et blanchâtres. Cette maladie, bien connue des aquariophiles ou des pisciculteurs, est due dans ce cas à la fragilité de l'équilibre biologique des élevages où, entre autres, une trop forte concentration de poissons entraîne une mauvaise élimination des excréments au fond des bassins.

Mais, dans la nature, c'est la pollution organique qui déclenche la prolifération de saprolégnia. Le champignon se nourrit en effet des produits de dégradation de la matière organique, phosphate ou ammoniaque, qui polluent les rivières. Et cela d'autant plus facilement que la concentration du polluant est élevée. Or, cette année, le débit des rivières pyrénéennes, comme celui de bon nombre de cours d'eau français, a diminué sous l'effet de la sécheresse. Cette pollution, invisible, jusque-là diluée dans un plus grand volume d'eau, se concentre désormais : les saprolégnia se régalent tout en se multipliant, tandis que l'épidémie se propage dans la rivière en quelques semaines. Les poissons meurent alors, asphyxiés par les champignons qui ont

**Elle court, elle court l'eau sale** et les truites pyrénéennes meurent, asphyxiées par le saprolégnia, un champignon saprophyte qui prolifère dans les nives polluées, autrefois paradis des pêcheurs.

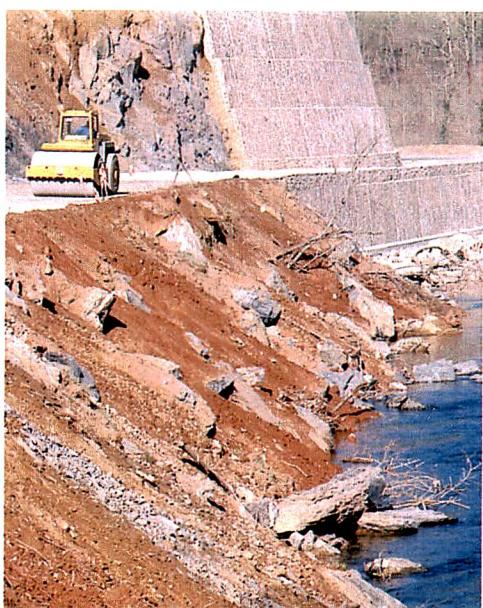
envahi leurs branchies. Mais les vétérinaires ont fait un deuxième constat : les truites sont aussi contaminées par un virus, le rhabdovirus.

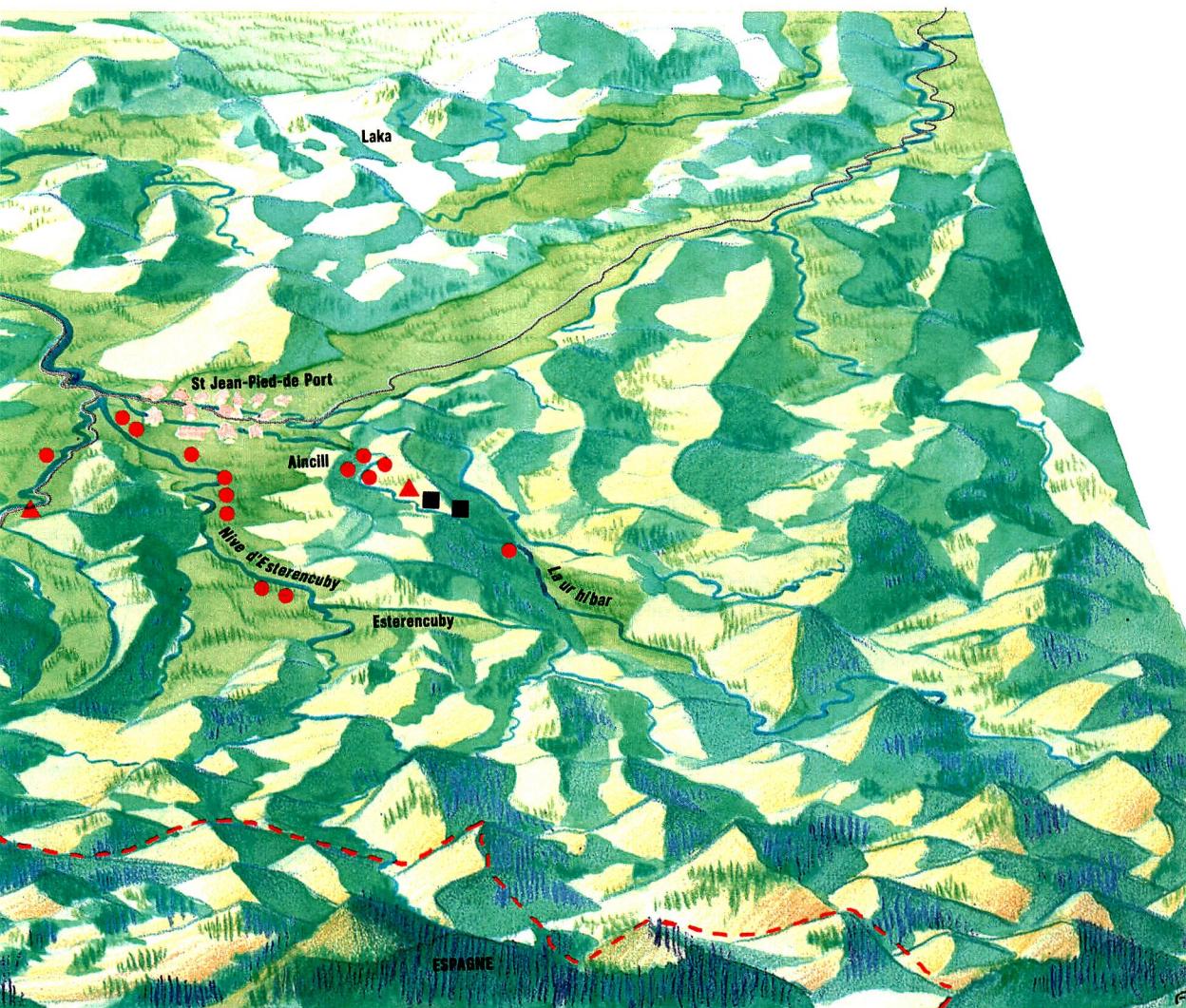
Cette virose, appelée également septicémie hémorragique virale (SHV), fait depuis longtemps des ravages dans les piscicultures européennes. On estime que de 20 000 à 30 000 tonnes de truites meurent chaque année de la SHV pour une production annuelle de 100 000 tonnes. En revanche, dans la nature, la maladie est très rare. Les rivières pyrénéennes ont sans aucun doute été contaminées par l'eau des piscicultures ou par les cada-



## LA POLLUTION EN DOUCE

Depuis dix ans, les trois rivières à truites, plus connues sous le nom de nives des Aldudes, d'Arneguy et d'Esterençuby, dans les Pyrénées-Atlantiques, voient leur population piscicole disparaître. Attaqués par le rhabdovirus — qui provoque des hémorragies — échappé des élevages à truites de la région, les poissons sauvages souffrent aussi d'une pollution plus pernicieuse, celle de l'eau. Les causes en sont multiples. Outre les pisciculteurs, qui, en vidangeant leurs bassins souillés d'excréments, favorisent le développement de champignons mortels pour les salmonidés, l'exploitation des carrières à graviers et les gros travaux de voirie pour la départementale 948 combinent les sites de ponte par leurs dépôts poussiéreux. Les frayères — situées en général le long des rives, là où l'eau est la plus calme — épargnées par les sédiments ont un autre ennemi : la sécheresse, renforcée encore par l'attitude des centrales hydroélectriques qui retiennent toujours le même volume d'eau pour faire fonctionner leurs turbines. La baisse du débit les laisse donc à l'air libre, les populations ne peuvent alors plus pondre et déclinent. Que disait donc le poète : « Petit poisson deviendra grand si Dieu lui prête vie. » ?





(suite de la page 99)

vres de truites évacués dans les nives par des pisciculteurs peu scrupuleux. La nive des Aldudes est la plus atteinte, mais c'est aussi là qu'on dénombre la plus forte concentration de piscicultures (*voir carte ci-dessus*). Ces dernières puisent dans la rivière pour alimenter leurs bassins d'élevage, profitant de la pureté des eaux de la montagne. Mais elles déversent en aval les vidanges des bassins chargés d'excréments, matière organique et virus. Ainsi sont infectées les truites sauvages.

Ce n'est pas la première épidémie de saprolégniose dans la région ; d'autres ont été constatées, en particulier lors des périodes de reproduction (de novembre à janvier), moment où les poissons sont plus vulnérables aux maladies, mais, les années précédentes, le spectacle était moins visible.

Pourtant, les pisciculteurs ne sont pas les seuls responsables, même si leurs bassins servent de réservoirs (\*) aux deux épizooties responsables. M. R.



Lésel, directeur de la station de recherche régionale de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA), située à Saint-Pée-sur-Nivelle, affirme : « C'est l'état général de dégradation de la rivière qui affaiblit les poissons et les rend plus réceptifs aux maladies. » La saproléniase ou la virose sont donc deux signaux d'alarme révélant le bouleversement de certains cycles biologiques.

La photosynthèse, qui oxygène l'eau par l'entremise des plantes aquatiques, en souffre depuis quelque temps. La concentration de l'oxygène a fortement diminué, et pour cause : les travaux d'élargissement de la route CD 948, qui relie Bayonne à Pampelune, provoquent des éboulements de terrain. Or, les particules du sol en suspension dans l'eau troublent la rivière. Ainsi, les rayons du Soleil pénètrent mal, et cela diminue le rendement photosynthétique, mécanisme qui utilise l'énergie lumineuse pour transformer le CO<sub>2</sub> en sucre et en oxygène.

Cette perte d'oxygène est d'ailleurs aggravée par l'assombrissement général de la rivière, dont l'eau absorbe alors plus facilement les calories du Soleil. Par conséquent, la température qui s'élève ralentit encore la dissolution de l'oxygène dans l'eau.

Ces poussières ne bouleversent pas seulement la chimie de la rivière, mais aussi sa physique : le dépôt des fines particules au fond du lit colmate les frayères. Les truites, mais également les saumons, ne peuvent plus déposer leurs œufs entre les galets ainsi soudés. Pourtant, lors de l'étude d'impact (études des conséquences prévisibles sur l'environne-

# **LES TRUITES BASQUES À L'ASSAUT DES KERGUELEN**

En 1962, une vingtaine de truites (*Salmo trutta*), provenant d'une pisciculture du Pays basque (Bidarai), ont été lâchées dans la rivière du Château, sur la Grande-Terre, la plus grande île des Kerguelen. Ce district des terres australes et antarctiques françaises est situé à la limite de l'océan Indien austral et de l'océan Antarctique (entre 48° 27' et 50° de latitude sud et 68° 27' et 70° 35' de longitude est). Depuis, les truites ont colonisé de nombreuses autres rivières de la région (les rivières Norvégienne et des Albatros) en passant par la mer (la Baie norvégienne), dans laquelle se jettent la plupart des cours d'eau de la région.

Au fil du temps se sont formées deux catégories de salmonidés. Les truites de rivière, à la robe brune tachetée de points noirs et rouges, ne dépassant pas 40 cm, et les truites de mer, rose argenté, qui peuvent atteindre 80 cm. Ces dernières sont devenues des migrateurs qui passent une partie de l'hiver en mer pour retourner dans leur rivière d'origine en hiver.

Les chercheurs de l'INRA étudient depuis des années les raisons qui ont poussé ces poissons sédentaires à devenir migrateurs. Et comment ils ont pu s'adapter à des conditions météorologiques assez rudes. En effet, avant que les truites basques soient introduites dans la rivière du Château, par exemple, il n'y avait aucune autre espèce de poissons autochtones, aussi étonnant que cela puisse paraître.

Le cycle biologique de la truite commune (*Salmo trutta*) est bien connu, mais la stratégie démographique qui pousse à coloniser des milieux très différents (eau douce et eau de mer) ne l'est pas. Pour l'instant, c'est la recherche de nourriture qui expliquerait le mieux la descente des truites vers la mer.

Le même type d'expérience vient d'être tenté avec des saumons coho (*Oncorhynchus kisutch*). Seront-ils aussi conquérants ? Si l'expérience réussit, les chercheurs seront les pères d'une nouvelle zone de pêche au saumon dans l'océan subantarctique.

ment avant toute mise en chantier) (2) qui a précédé les travaux de voierie, l'entreprise s'engageait à préserver ces frayères ; elle prévoyait de récolter les galets du fond des rivières pour les mettre à l'abri des poussières avant de les replacer, à la fin des travaux, pour reconstituer les sites de ponte. Ces mesures, par les contraintes qu'elles représentaient, n'ont pas été effectuées.

De même, l'exploitation des carrières à graviers régionales saupoudre l'eau de fines particules minérales qui écorchent les branchies des poissons et facilitent l'attaque des champignons. Voilà comment les petites pollutions font de grands ravages.

La population, elle, n'est pas en reste. Il suffit de longer les berges pour observer une multitude de décharges d'ordures clandestines (réfrigérateurs, plastiques, etc.). L'exemple le plus significatif se trouve sans doute à la frontière franco-espagnole, au village de Valcarlos. A cet endroit, la rivière Arneguy sert à la fois de frontière et d'égout aux deux pays. Des magasins d'alimentation et certains hôtels utilisent la rivière comme décharge ! Plus bas dans la vallée, ces déchets flottent à la surface de l'eau et s'accrochent aux branches des arbres au moment des crues (*voir photo p. 98*).

Dans les années cinquante, le Pays basque était si réputé pour ses truites que certains pêcheurs venaient même des Etats-Unis. De nos jours, dégoûtés par les ordures, ils sont nettement moins nombreux. Les deux sociétés de pêche qui se partagent le contrôle administratif des berges n'ont pas les moyens de faire respecter les règles élémentaires

d'hygiène. L'espoir réside donc dans une toute jeune association née à Paris en novembre 1989, sous l'égide du président de l'Assemblée nationale Laurent Fabius : les "Eco-maires de France". Cet organisme regroupe un ensemble d'élus locaux qui s'engagent à « investir dans la dépollution ». Son président, André Labarrère, député et maire de Pau (à 100 km des nives), compte roder cette nouvelle structure dans les Pyrénées. La désormais célèbre maxime "les pollueurs seront les payeurs" de l'association aidera-t-elle les nives du Pays basque à retrouver leur beauté d'antan... et leurs truites ? On peut l'espérer.

**Didier Dubrana**

(1) Les chercheurs pensent même que les oiseaux qui mangent des poissons peuvent transmettre la SHV d'une rivière à l'autre.

(2) Direction départementale de l'équipement des Pyrénées-Atlantiques, rapport n° 1 41 0509, mai 1985.



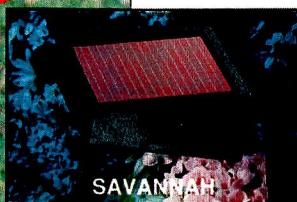
# SEDAO

*la sélection*

## LE SOLAIRE A RENDEZ-VOUS AVEC LA LUNE.



NOUVEAUX MODELES !



Pourquoi dépenser de l'argent en électricité alors que vous pouvez capter et stocker l'énergie solaire le jour et éclairer votre jardin gratuitement la nuit ?

Voici la nouvelle génération d'éclairage solaire. Efficaces, puissantes, ces lampes plantées le long des allées s'allument automatiquement à la nuit tombée.

Pas de fil à brancher, pas de raccordement à faire.

### SAVANNAH

- Ht 45 cm.
- Larg. 15 cm
- Lampe à incandescence.

16 E 1879 SAVANNAH 299 F

## LA FORCE DE DISSUASION !

Une voiture est volée toutes les 30 secondes, un auto-radio toutes les 15 secondes (statistiques SAMAG).

La seule vue d'un boîtier de commande d'alarme électronique avec sa lumière rouge dissuade les voleurs. Mais pourquoi s'équiper d'alarmes coûteuses aux déclenchements souvent intempestifs ? Cette ALARME FACTICE, imitation parfaite, joue parfaitement son rôle dissuasif. Sans branchement, elle se fixe sur votre tableau de bord avec un simple adhésif double-face (fourni). Et elle ménage votre budget. Composez votre code secret, la lumière rouge clignote, et vous pouvez quitter votre voiture serein.

- Livrée avec un autocollant signalant que votre véhicule est sous surveillance.

16 E 1876 ALARME FACTICE... 149 F

ALARME FACTICE 149 F



## BON DE COMMANDE

A retourner à CENTRALE D'ACHATS SEDAO  
37-39 Rue des GrandsChamps - 75980 PARIS CEDEX 20

16 E

**OUI**  Je désire commander les articles suivants



Pour commander par téléphone, avec votre Carte Bancaire (C.B.) appelez le 16(1)43 48 66 99 + de 9 à 18h du lundi au samedi.

### LIVRAISON GRATUITE

- En 15 jours maximum
- Satisfait ou Remboursé



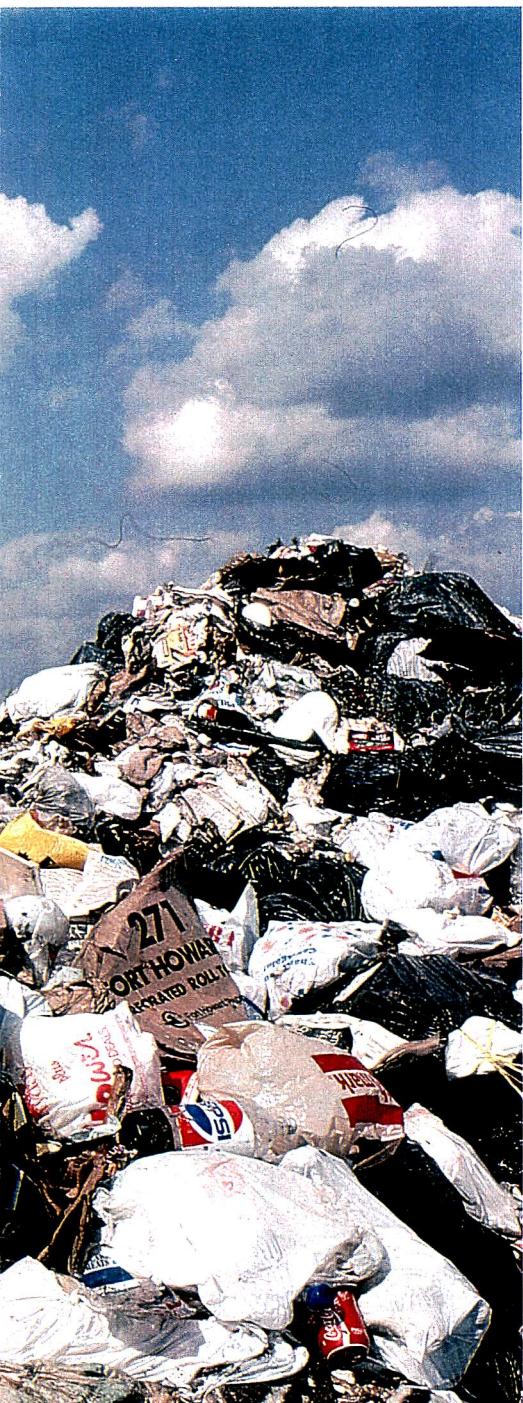
DESIGNATION	REFERENCE	Qt.	PRIX UNIT.	MONTANT
ALARME FACTICE	16 E 1876	1	149 F	
SAVANNAH	16 E 1879	1	299 F	
ACAPULCO	16 E 1880	1	695 F	
Participation aux frais de colisage				+ 29 F
TOTAL TTC				
<b>CHOISISSEZ VOTRE FORMULE DE PAIEMENT</b>				
<input type="checkbox"/> <b>COMPTANT</b>	JE JOINS A MA COMMANDE chèque bancaire ou postal à l'ordre de <b>SEDAO</b>			
<input type="checkbox"/> <b>CARTE BANCAIRE</b>	Date de validité _____ N° _____			
<input type="checkbox"/> <b>CREDIT GRATUIT :</b>	Pour toute commande supérieure à 500 F. Vous joignez 200 F à la commande et vous payez le solde en 3 mensualités égales			

# COMMENT S'EN DÉBARRASSER



PAR MARC MENNESSIER

# RRASSER ?



*Nos sociétés industrielles sont comme des animaux qui n'auraient pas de reins : plus elles grandissent, plus elles s'empoisonnent avec leurs propres déchets. Pour prévenir la crise d'urémie mortelle, une seule solution : considérer les déchets comme des matières premières exploitables.*

**L**e monde coule sous ses déchets, mais passés le vide-ordures ou le camion-benne, qui vraiment se soucie de ce qu'ils deviennent ? Encombrants, sales et polluants, personne n'en veut et pourtant tout le monde en produit, et de plus en plus. A tel point qu'ils seront un des problèmes écologiques majeurs des années 1990 et du prochain millénaire.

De fait, la France a produit l'an passé à elle seule une montagne de 18 millions de tonnes d'ordures ménagères, une poudrière de 150 millions de t de déchets industriels, dont de 2 à 4 millions (on ne sait pas exactement) de produits très toxiques et un océan de 400 millions de t de déchets agricoles (lisiers, industries agro-alimentaires...). Les ordures ménagères, auxquelles nous nous limiterons dans cet article, sont le problème de tout le monde tant au plan de leur production que de leur élimination : il serait frivole d'en rejeter le poids et les problèmes qu'ils occasionnent sur le voisin, l'agriculteur, ou l'industriel.

Un Français en produit en moyenne, en effet, 327 kg par an (*voir dessin p. 106*), soit à peu près autant que le Britannique (355 kg), l'Allemand de l'Ouest (318 kg), le Suédois (317 kg) et le Japonais (344 kg), mais beaucoup moins que le Hollandais (449 kg), le Canadien (635 kg) et surtout l'Américain (744 kg), roi de la société de consommation et champion du gaspillage. En comparaison, Espagnols (275 kg) et Italiens (263 kg) sont beaucoup

plus "raisonnables", mais pas forcément plus propres : ils consomment moins, c'est tout. Quant aux pays sous-développés, les chiffres précis manquent, mais leur production d'ordures ménagères est de toute façon inférieure dans la plupart des cas à 100 kg/habitant/an ; soit à peu près ce qu'un Parisien rejetait vers 1875, lorsque le préfet Poubelle eut la géniale idée de distribuer les fameux récipients de collecte qui, depuis, portent son nom... En un peu plus de cent ans, le tas a quadruplé de volume (un Parisien rejette plus de 400 kg d'ordures ménagères par an, soit plus que la moyenne nationale)

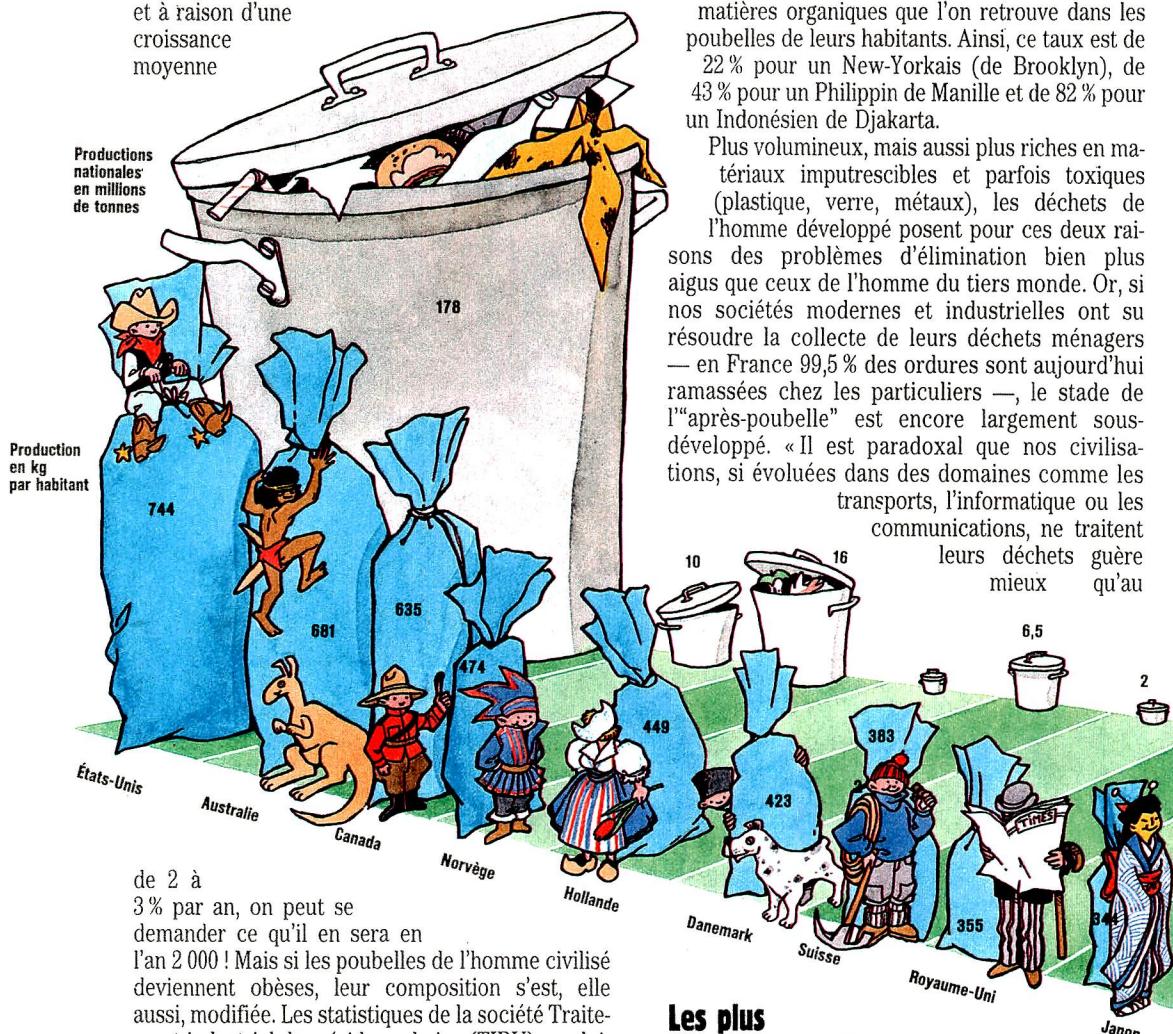
et à raison d'une croissance moyenne

près stables, entre 3 et 4,5 % chacun. Les verres et plastiques ont grimpé dans le même temps de 5 à 19,5 % et les papiers et cartons de 25 à 42 % ! Le phénomène est comparable à l'échelon national (*voir dessin p. 109*), ainsi que dans les autres pays développés. L'élévation du niveau de vie, mais aussi l'évolution des modes de consommation et l'utilisation croissante d'emballages en papier, carton, verre, plastique, etc., expliquent cette évolution.

Une étude réalisée en 1982 par la Banque mondiale dans les différentes villes du monde montre clairement que le degré de développement des pays est inversement proportionnel au pourcentage de matières organiques que l'on retrouve dans les poubelles de leurs habitants. Ainsi, ce taux est de 22 % pour un New-Yorkais (de Brooklyn), de 43 % pour un Philippin de Manille et de 82 % pour un Indonésien de Djakarta.

Plus volumineux, mais aussi plus riches en matériaux imputrescibles et parfois toxiques (plastique, verre, métaux), les déchets de

l'homme développé posent pour ces deux raisons des problèmes d'élimination bien plus aigus que ceux de l'homme du tiers monde. Or, si nos sociétés modernes et industrielles ont su résoudre la collecte de leurs déchets ménagers — en France 99,5 % des ordures sont aujourd'hui ramassées chez les particuliers —, le stade de l'"après-poubelle" est encore largement sous-développé. « Il est paradoxal que nos civilisations, si évoluées dans des domaines comme les transports, l'informatique ou les communications, ne traitent leurs déchets guère mieux qu'au



### Les plus grosses poubelles sont américaines.

L'Américain est le plus grand producteur de déchets, suivi de très près par l'Australien et le Canadien, comme le montrent les chiffres ci-dessus établis par l'OCDE (sauf pour la France : chiffres ANRED). Les importantes disparités qui apparaissent entre productions nationales (en millions de tonnes/an)

## "IDÉAL" DÉCHETS

Moyen Âge», constate Daniel Béguin, chef du département consommation-ordures ménagères de l'Agence nationale pour la récupération et l'élimination des déchets (ANRED), baptisée les "Transformeurs" depuis deux ans.

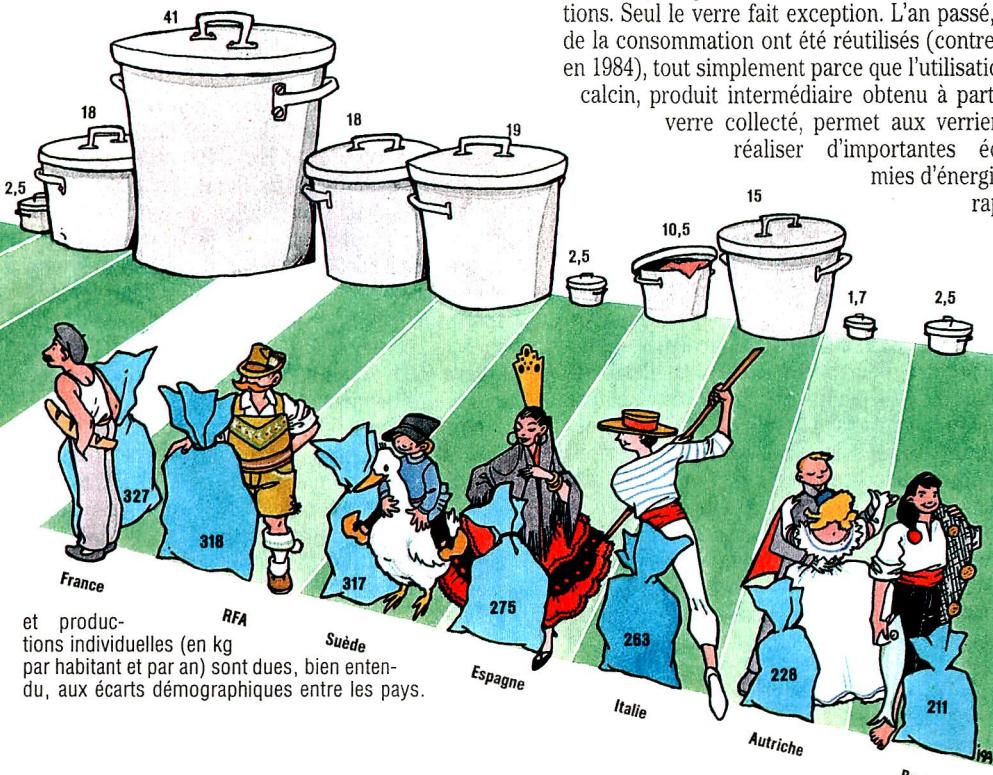
En effet, cet organisme estime qu'en 1989 35 % seulement des ordures ménagères françaises ont été valorisées, soit par incinération avec récupération d'énergie pour le chauffage ou l'électricité (27 %), soit par compostage, avec production d'engrais organiques destinés à l'agriculture (8 %). Le reste, c'est-à-dire pratiquement les deux tiers, a été éliminé dans des incinérateurs simples, sans récupération d'énergie (15 %), ou purement et simplement abandonné dans des décharges (50 %), parfois en l'absence de tout contrôle. Et encore, la France n'est pas le pays le plus "poubelle" de l'OCDE : Australiens et Canadiens stockent encore plus de 90 % de leurs déchets en décharge, les Etats-Unis plus de 80 %, les Espagnols et les Allemands de l'Ouest environ les trois quarts ! (voir dessin p. 110). A l'inverse, les pays qui gèrent le mieux leurs ordures ménagères sont la Suisse et le Japon, qui les incinèrent à 80 % et 72 % respectivement.

En composant le 3616 IDEAL et en tapant 4, l'Agence nationale pour la récupération et l'élimination des déchets fournit tous les renseignements souhaités sur les traitements des déchets (filières, adresses, etc.), sur les matériels (du fabricant de sacs poubelles au constructeur d'incinérateurs), sur les publications et la documentation (8 000 références), les stages et les congrès. Un service messagerie permet par ailleurs d'obtenir dans les quarante-huit heures les réponses aux questions posées aux spécialistes de l'ANRED.

ANRED — Les Transformateurs, 2 square La Fayette, 49004 Angers Cedex. Tél. 41 20 41 20.

Les Transformateurs calculent qu'une tonne d'ordures ménagères correspond en moyenne à 120 litres de fuel ou 200 kg de charbon. Ce qui est d'un bon rapport. Or, la France ne tire chaque année de ses déchets que 500 000 tonnes équivalent pétrole (TEP), soit à peine la moitié de l'énergie qu'elle pourrait en tirer facilement. Quant aux matières premières, comme les plastiques, le verre, les papiers, les cartons et les métaux, leur gaspillage

représente chaque année un véritable pillage de ressources, la plupart du temps non renouvelables. En effet, si 45 % des papiers et des cartons sont recyclés en France, 4 % seulement proviennent de la consommation des ménages. A peine un quart des métaux ferreux sont récupérés, surtout à partir des déchets d'incinération. De son côté, le recyclage des plastiques ne représente que 1 % de ce qui est jeté. Or, s'ils sont très énergétiques, les emballages en polychlorure de vynile (PVC), dont l'essentiel provient des bouteilles d'eau minérale, n'en produisent pas moins lors de leur incinération des dégagements de chlore extrêmement polluants. Et le traitement des fumées et des vapeurs, rendu obligatoire par la nouvelle réglementation européenne (voir plus loin), augmente de 30 % le coût des installations. Seul le verre fait exception. L'an passé, 34 % de la consommation ont été réutilisés (contre 25 % en 1984), tout simplement parce que l'utilisation du calcin, produit intermédiaire obtenu à partir du verre collecté, permet aux verriers de réaliser d'importantes économies d'énergie par rapport





## REFUGES POUR "MONSTRES"



Pour lutter contre les décharges sauvages, l'Agence nationale pour la récupération et l'élimination des déchets (ANRED) — ou les "Transformeurs") a conçu des lieux de collecte publics où les particuliers sont invités à venir déposer leurs "monstres", c'est-à-dire leurs déchets encombrants (matelas, téléviseurs, lave-vaisselle hors d'usage, etc.) plutôt que de s'en débarrasser sur le trottoir ou au coin d'un bois. Ces espaces aménagés, clôturés et gardés recueillent également toutes sortes de déchets recyclables (papiers, cartons, verre, métaux, huiles de vidange, chiffons, déchets de jardinage, etc.) ou toxiques, comme les emballages de pesticides utilisés en agriculture. L'usager fait lui-même le tri et place les déchets dans des conteneurs. Ils sont ensuite soit valorisés, soit éliminés dans des centres adaptés.

L'opération est un succès, puisque le nombre de ces "déchetteries" a triplé en trois ans. Il en existe aujourd'hui 250 pour 6,5 millions de visiteurs par an. L'objectif du ministère de l'Environnement est d'arriver à terme à un parc de 1 000 déchetteries, soit une dizaine par département, en en créant une centaine par an.

Ces équipements correspondent à un véritable besoin quand on sait que les ménages français produisent chaque année 2 millions de t de ces "monstres" et "inertes" (gravats,

etc.), 250 000 t d'huiles de vidange, 6 millions de vieilles batteries, 37 600 t de pneus usagés ainsi que quantités de déchets toxiques (médicaments non utilisés, piles, déchets de bricolage, etc.) dont l'élimination est loin d'être maîtrisée.

Seul inconvénient, une déchetterie représente un investissement minimal de 300 000 F, souvent hors de portée des petites communes, en particulier en zone rurale. Une coopération à l'échelon intercommunal est alors nécessaire.

au sable, matière première de base du verre (*voir encadré p. 112*). A l'inverse, le recyclage des plastiques, des papiers et des métaux concurrence directement, en général, les intérêts de ceux qui produisent ou transforment ces matières premières vierges : pétroliers, chimistes, extracteurs de minerais, etc. De plus, les matériaux recyclés sont, il est vrai, techniquement moins faciles à exploiter.

Mais en France, un autre élément explique la valorisation insuffisante et le peu de rigueur de la gestion des déchets. La loi-cadre de 1975 portant sur leur élimination a confié aux communes la responsabilité de la collecte et du traitement des ordures ménagères de leurs administrés. Malheureusement, l'expérience montre que les maires n'ont bien souvent ni les moyens ni la volonté de chercher les meilleures solutions de valorisation. D'une part, ils n'en retirent aucun bénéfice direct, sauf depuis la montée du vote écologiste, et, d'autre part, l'élimination des ordures dans une décharge "contrôlée", c'est-à-dire conforme à la réglementation sur les installations classées pour la protection de l'environnement (voir plus loin), n'est viable qu'à partir d'un seuil de 20 000 habitants. Pour l'incinération et le compostage, la barre passe facilement à 50 000 habitants, voire 100 000, si l'on veut que le coût du

traitement ne soit pas prohibitif. Or, sur les 36 572 communes recensées en France, 34 895 exactement ont moins de 5 000 habitants, et 22 216 en comptent encore dix fois moins ! C'est bien simple : notre pays possède à lui seul plus de communes que les onze autres pays de la CEE (30 000 au total)...

Cette atomisation du territoire, des responsabilités et des pouvoirs de décision, surtout depuis les lois de décentralisation, explique en grande partie le développement anarchique des décharges, formule simple et peu coûteuse pour les municipalités pour se défausser de leurs déchets. Surtout que la collecte revient déjà à elle seule à 200-300 F/t et jusqu'à 450 F/t dans les zones rurales excentrées et les régions de montagne.

Ainsi, jusqu'en 1975, 45 % des ordures enlevées étaient stockées par les communes dans des "décharges brutes", non conformes à la réglementation. Celle-ci prévoit que toute décharge doit subir avant son ouverture une étude d'impact : le sous-sol, en particulier, doit être suffisamment imperméable pour éviter la contamination des nappes phréatiques (il y a trois classes de décharges : I, II et III, allant du plus au moins imperméable). Elle est ensuite soumise à des contraintes d'exploitation très strictes : clôtures, gardiennage et entassement des ordures par strates suc-

cessives recouvertes de terre, pour hâter la décomposition et réduire les nuisances. Enfin, un plan de réaménagement ultérieur (golf, espace vert) doit être prévu une fois la décharge comblée.

En quinze ans, de gros progrès ont tout de même été réalisés, puisque les décharges contrôlées ont recueilli environ 35 % des ordures ménagères collectées l'an passé en France, contre seulement 17 % en 1975. Il reste toutefois, selon les estimations du ministère de l'Environnement, 6 000 décharges brutes (environ 8 % de la collecte), que Brice Lalonde s'est promis en janvier dernier de résorber ou de régulariser dans les cinq ans qui viennent. A cet effet, 8,5 millions de francs ont été débloqués en 1990 pour financer des opérations de conseil menées par les Transformateurs dans un certain nombre de départements pilotes. Le ministère a, par ailleurs, adressé aux préfets, en février 1989, une circulaire leur demandant de réactualiser l'inventaire des décharges brutes présentes sur leur département et de distribuer sans scrupules arrêtés de fermeture ou de mise en conformité.

Toutefois, si la grande majorité de ces dépôts illégaux sont le fait de communes manquant de moyens, les préfets se heurtent aussi, parfois, au pouvoir exorbitant de certaines municipalités. Ainsi, la plus grande et la plus célèbre décharge brute de France est située à Entressen, en Plaine-de-Crau. Elle accueille quotidiennement sur 85 hectares dans un univers dantesque de puanteur et de sacs en plastique qui inondent toute la campagne alentour, les déchets des 2 millions d'habitants de l'agglomération de... Marseille, troisième ville de France ! Le tout sans aucun contrôle réglementaire, puisque ce volumineux tas d'immondices, qui forme une véritable colline et nourrit quelque 40 000 goélands, 70 000 mouettes et autres rapaces et charognards (sans compter les rats), n'existe tout simplement pas pour l'administration. Chapeau !

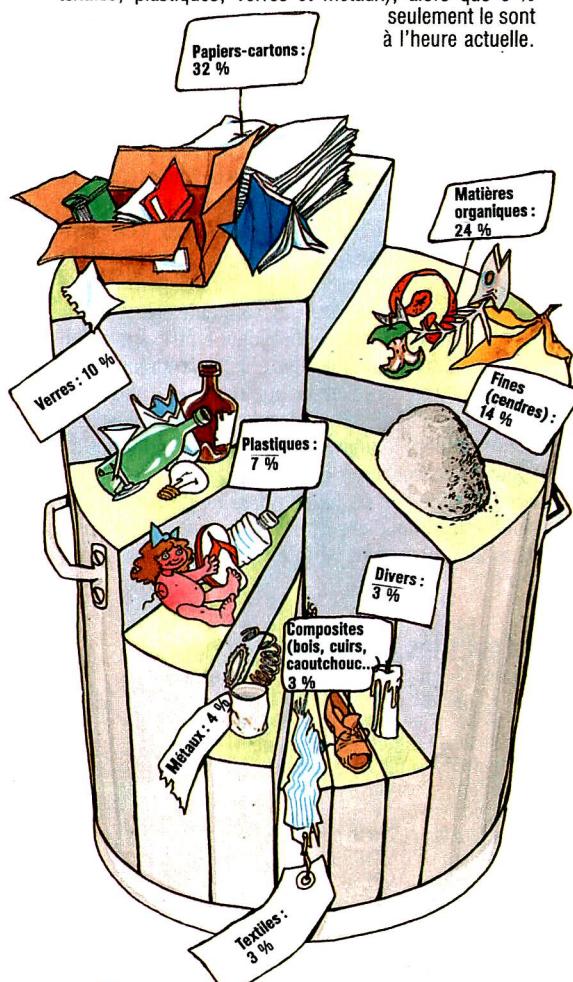
Le ministère de l'Environnement compte bien aussi hâter la résorption des 20 000 et peut-être 30 000 décharges sauvages — à ne pas confondre avec les décharges brutes —, créées au fond d'un ravin ou au coin d'un bois par des particuliers soucieux de se débarrasser de leurs "monstres". Il s'agit des déchets encombrants (téléviseurs, matelas, cuisinières hors d'usage, etc.) qui ne passent pas par le circuit de collecte habituel. Pour cela, 250 points de ramassage conçus par les Transformateurs et baptisés "déchetteries" (*voir encadré p. 108*) ont été créés depuis trois ans en France, et il est question d'en installer une centaine par an.

Selon Daniel Béguin, déjà cité, la réduction du nombre des communes n'étant pas prévue, le traitement et l'élimination des déchets doivent absolument être gérés à l'échelon intercommunal. Déjà, de nombreux SITCOM (syndicats intercommunaux pour le traitement et la collecte des ordures ména-

gères) ont été créés. Dans le Jura, un seul SITCOM regroupe l'ensemble des municipalités du département. A terme, il est prévu de fermer toutes les décharges brutes et de construire à la place deux usines d'incinération qui absorberont la totalité des ordures du secteur. Les Hautes-Pyrénées ont un projet similaire et les Ardennes ont fait de même il y a dix ans, en créant trois décharges contrôlées. La liste n'est pas exhaustive, mais les pouvoirs publics ont décidé de frapper fort. Le ministère de l'Intérieur prépare, en effet, une loi donnant aux préfets le pouvoir d'imposer aux communes récalcitrantes de se regrouper ou de rejoindre un SITCOM existant. Combien de décharges brutes sont bien souvent le fruit de querelles de clocher !

Toutefois, on peut se demander dans ces condi-

**Dis-moi ce que tu jettes...** Le contenu de nos poubelles trahit une civilisation du papier : avec les cartons, ceux-ci constituent en effet la plus grosse masse de ce que nous jetons (34 %). Le graphique ci-dessous, tiré d'un rapport établi en 1988 pour le compte du secrétariat d'Etat chargé de l'Environnement, fait apparaître qu'une grande partie pourrait être recyclée (papiers, cartons, textiles, plastiques, verres et métaux), alors que 6 % seulement le sont à l'heure actuelle.



## HUILES USAGÉES : UNE MARÉE NOIRE PAR AN

Sur les 450 000 tonnes d'huiles commercialisées en France en 1989, 135 000 t seulement ont été récupérées. Certes, tout le reste n'a pas fini dans le caniveau. L'Agence nationale pour l'élimination et la récupération des déchets (ANRED — les "Transformeurs") estime en effet que, sur ce total, 200 000 t environ sont consommées par les moteurs, partant en fumée ou fuyant à travers les carters. Mais cela fait tout de même 115 000 t d'huiles qui ont été rejetées dans le milieu naturel ou brûlées par des garagistes et des particuliers. Et si l'on ajoute les 45 000 t perdues par l'industrie, l'ensemble équivaut à une

marée noire de 160 000 t d'huiles usagées : quatre fois la cargaison du tristement célèbre *Exxon Valdez* !

Pourtant, si l'on compare la situation actuelle à celle de 1981, où l'on n'a récupéré que 90 000 t d'huiles pour une consommation égale, le ramassage de ces déchets a progressé de façon sensible. Cette opération est réalisée par des collecteurs agréés par les préfets. Il s'agit le plus souvent de marchands de combustibles ou d'artisans, dont certains sont spécialisés dans cette activité.

Les huiles collectées sont acheminées vers sept centres de traitement agréés par le ministère de l'Environne-

ment, où elles sont incinérées ou régénérées en huiles de base qui servent à la fabrication de nouveaux lubrifiants. Les usines de régénération sont installées dans le nord de la France (Lille, Le Havre). L'an passé, elles ont traité 100 000 t d'huiles de vidange ; les 35 000 t restantes ont été utilisées comme combustible dans trois cimenteries installées dans le Sud.

Les Transformateurs estiment que sur un gisement de 250 000 t d'huiles de moteur potentiellement récupérables (en déduisant les 200 000 t consommées dans les moteurs), 160 000 pourraient l'être "facilement". Pour atteindre au moins cet objectif, 2 000

tions s'il ne serait pas carrément plus simple de confier aux conseils généraux la gestion du traitement des ordures ménagères, dans la mesure où ils ont déjà la charge des collèges d'enseignement et de la plupart des routes. La sortie prochaine des décrets d'application de la loi du 30 décembre 1988, qui prévoit de fixer des "plans d'élimination des déchets" dans chaque département pour les ordures ménagères, et dans chaque région de programme pour les déchets industriels, va, en effet, vers une plus grande centralisation. Ces plans analyseront d'abord la situation des déchets sur le territoire en cause, puis évalueront si les besoins actuels et futurs sont satisfaits ; ils prévoiront aussi les nouveaux moyens d'élimination nécessaires, « en privilégiant la réduction des déchets à la source, puis le recyclage et la valorisation ».

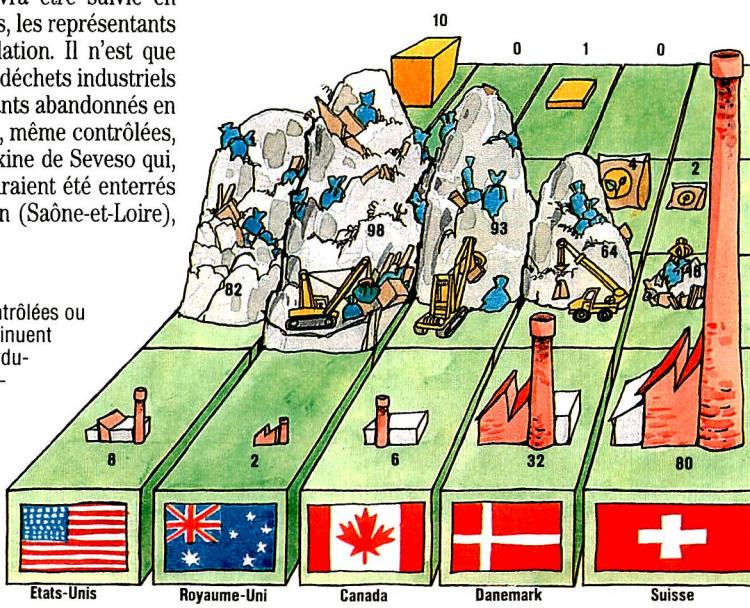
Enfin, le ministère de l'Environnement insiste sur le fait que cette procédure devra être suivie en concertation étroite avec les élus, les représentants de la société civile et la population. Il n'est que temps. Les récents scandales de déchets industriels et hospitaliers toxiques et polluants abandonnés en fraude dans certaines décharges, même contrôlées, la polémique sur les fûts de dioxine de Seveso qui, selon l'hebdomadaire *Politis*, auraient été enterrés dans la décharge de Montchanin (Saône-et-Loire),

maintenant fermée depuis deux ans, ont considérablement alerté l'opinion publique.

La protection de l'environnement n'est plus un souci de nostalgiques, et les déchets suscitent méfiance et opposition. On se souvient à ce propos, il y a quelques années, de l'extravagante odyssée de ces barge transportant 3 000 t d'ordures new-yorkaises tout au long des côtes américaine, mexicaine et antillaises, sans trouver preneur nulle part.

De par le gaspillage qu'elles reflètent et les nuisances qu'elles engendrent, les décharges sont de loin le mode de traitement de déchets le plus impopulaire. D'ailleurs, les contraintes de la réglementation limitent considérablement le nombre de nouveaux sites potentiels, et les pouvoirs publics font tout pour décourager les communes de s'en doter si d'autres solutions peuvent être envisagées. Une loi devrait d'ailleurs bientôt instituer une taxe à la

**L'Occident sous les décharges.** Contrôlées ou non, les énormes décharges à ciel ouvert continuent d'être la règle en matière d'élimination des ordures ménagères. Avec, toutefois, deux exceptions partielles : la Suisse et le Japon, qui restent dans ce domaine fidèles à leur réputation de propreté. Cela dit, la France ne s'en tire pas trop mal, et vient au 2<sup>e</sup> rang pour le compostage et au 3<sup>e</sup> pour l'incinération (source OCDE, 1985 — sauf Etats-Unis, chiffres ANRED).



points de collecte ont été installés en France par les collectivités locales et financés en partie par une taxe parafiscale prélevée sur les ventes d'huiles neuves. L'opération est déjà un succès dans certaines villes comme Angers et Bordeaux, où 30 t et 200 t d'huiles ont été respectivement ramassées l'an dernier par ce moyen.

Le ministère de l'Environnement prépare également une réglementation obligeant les vendeurs au détail à installer eux aussi des points de collecte sur leurs lieux de vente ou de participer financièrement à des opérations du même type dans les communes où ils sont installés. Enfin, depuis l'an dernier, un décret du ministère de l'Environnement a

retiré aux entreprises de collecte d'huiles le monopole dont elles jouissaient sur leur périmètre de ramassage. En laissant libre place à la concurrence, les pouvoirs publics espèrent ainsi accroître le volume de la collecte.

Malheureusement, ce nouveau cadre réglementaire risque de peser sur une profession déjà mise à mal par quatre ans de baisse du prix du pétrole. Depuis 1986, le prix de l'huile de base a chuté de moitié et ne vaut plus que 1 400 F la t. A cela s'ajoute la décote de 100 à 200 F/tonne que les centres de régénération consentent aux industriels du graissage (Yacco, Labo, Motul, etc.) pour les détourner de l'offre des pétroliers, et

qui est fatallement répercutée sur les prix payés aux collecteurs agréés : environ 50 F/t en régénération, contre 130 F/t vers les cimenteries. L'an passé, ces prix ne compensaient plus les frais de ramassage élevés (autour de 500 F/t) en raison de la dispersion du gisement. L'Etat a donc dû porter à 70 F/t le montant de la taxe parafiscale sur les ventes d'huiles neuves pour payer la différence (soit entre 370 et 450 F par tonne collectée !) et s'est engagé à le maintenir à ce niveau jusqu'au 31 décembre 1992. Dans ces conditions, on peut se demander si la levée du monopole, dont l'efficacité reste d'ailleurs à prouver, n'aurait pas pu attendre une conjoncture plus favorable.

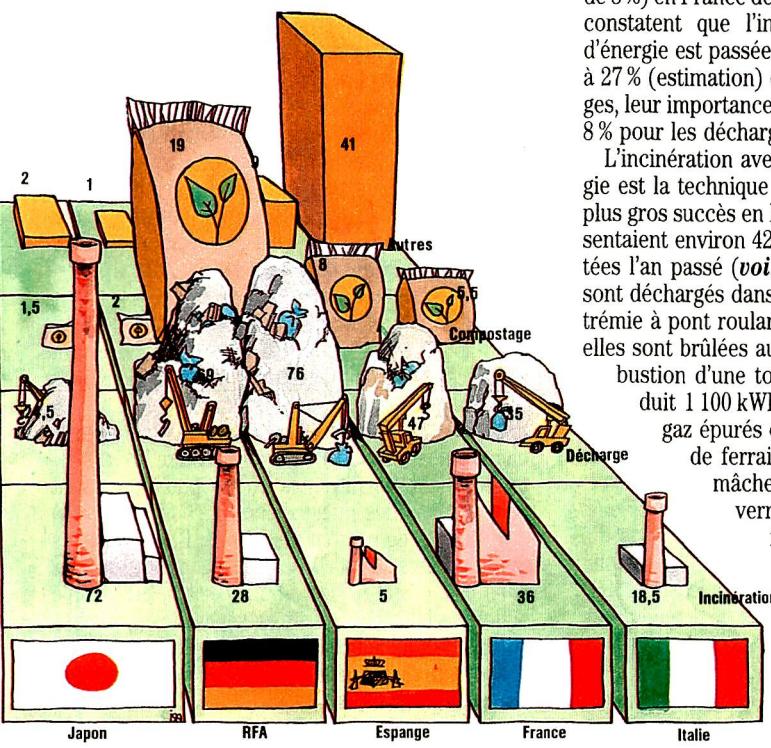
tonne d'ordures mises en décharge. Les fonds serviront à financer les opérations de résorption ou de mise en conformité des décharges brutes, et à soutenir les communes qui souhaitent s'équiper d'usines de compostage ou d'incinération : priorité à la valorisation et au recyclage. Cette mesure est déjà appliquée dans certains pays européens qui nous "confiaient" leurs ordures ; 1 million de tonnes d'ordures ménagères sont entrées en France l'an passé ! Quand ça coûtera plus cher en France, les importations de ce genre baisseront.

Actuellement, le coût du traitement des déchets

varie de 40 à 80 F/t pour les décharges contrôlées (de 0 à 30 F pour les décharges brutes) et autour de 150 F/t le traitement d'ordures broyées, puis mises en décharge. En 1985, 7,5 % des déchets français étaient éliminés de cette façon, avec pour avantage d'allonger la durée de vie de la décharge. De leur côté, l'incinération et le compostage reviennent entre 200 et 300 F. Trop cher ? Par rapport à une décharge brute qui ne coûtait rien, oui. Mais nos sociétés ne doivent-elles pas aussi payer le juste prix de la gestion de leurs déchets ? De nombreux SITCOM et communes l'ont déjà compris. Si la part des ordures compostées est restée stable (autour de 8 %) en France de 1985 à 1989, les Transformateurs constatent que l'incinération avec récupération d'énergie est passée dans le même temps de 22,8 % à 27 % (estimation) du tonnage. Quant aux décharges, leur importance s'est réduite de 58 à 50 %, dont 8 % pour les décharges brutes.

L'incinération avec ou sans récupération d'énergie est la technique de valorisation qui a connu le plus gros succès en France, puisque les deux représentaient environ 42 % des ordures ménagères traitées l'an passé (*voir dessin p. 113*). Les déchets sont déchargés dans une fosse, puis repris par une trémie à pont roulant qui les jette dans un four où elles sont brûlées aux alentours de 800°C. La combustion d'une tonne d'ordures ménagères produit 1 100 kWh thermiques, 70 % d'eau et de gaz épurés et environ 30 % de résidus : 4 % de ferrailles qui sont recyclés, 23 % de mâchefers (scories composées de verre, d'inertes et de métaux non ferreux) et 3 % de cendres ou de boues provenant du nettoyage des fumées.

Mais si l'incinération représente un progrès énorme par rapport à





## VERRE : LES INDUSTRIELS "RECYCLEURS"

Grâce à l'Agence nationale pour la récupération des déchets (ANRED — rebaptisée les "Transformeurs") et la Ligue pour la lutte contre le cancer, le recyclage du verre prospère. En 1988, 676 000 tonnes ont été collectées auprès des industriels (189 815 t) et auprès de 83 % des ménages ; soit un taux de récupération de 34 % (contre 25 % en 1984), qui place la France loin devant la Grande-Bretagne (15 %), le Portugal (13 %) et l'Irlande (10 %). En revanche, Italiens (40 %), Belges (50 %) et Suisses (55 %) font nettement mieux. A terme, l'objectif est d'arriver à 50 ou 60 %. Toutefois, seul le rétablissement de la consigne permettrait d'aller au-delà, mais les grandes surfaces et surtout les verriers y sont opposés.

Pour l'heure, les résultats honora-

bles obtenus dans le recyclage sont largement à mettre à l'actif de ces derniers. En effet, par rapport au sable, matière première de base du verre, l'utilisation du calcin (produit intermédiaire obtenu à partir du verre recyclé) permet de réduire de 300°C la température de chauffe.

Il en résulte une diminution de la pollution atmosphérique et surtout de substantielles économies d'énergie évaluées à 0,08 TEP (tonne équivalent pétrole) par tonne de calcin utilisée, déduction faite des dépenses de collecte et de fabrication de ce matériau. On comprend mieux, dans ces conditions, l'engouement des verriers pour cette filière, sachant que le verre recyclé peut être incorporé jusqu'à 80 %, voire 100 %, dans la fabrication de nouveaux produits.

une simple mise en décharge, elle n'est pas non plus sans inconvénient. D'abord, l'énergie produite sous forme de chaleur n'est pas stockable, et une bonne partie est gaspillée en été, lorsque les chauffages sont éteints. Une solution consiste à fabriquer de l'électricité, comme le fait la TIRU, filiale d'EDF à 45 % dans ses trois usines parisien-nnes. L'an passé, ces véritables centrales thermiques en ont produit 120 000 mégawatts/heure, soit le cinquième de leur production d'énergie ; le reste ayant servi à chauffer un immeuble parisien sur dix.

Ensuite, les ordures brûlées libèrent dans l'atmosphère d'importantes quantités de poussières, de métaux lourds (plomb, mercure, zinc, etc.) et de gaz chlorhydrique (HCl) extrêmement polluants. Si bien que l'installation de nouvelles usines d'incinération se heurte parfois aux protestations des populations riveraines, comme c'est le cas à Wattrelos, dans le Nord, et à Grosbliederstroff, en Moselle ; on les comprend. Les Etats-Unis et la Suède ont même failli lancer il y a quelques années un moratoire sur cette technique, et, récemment, un scandale a éclaté aux Pays-Bas quand on a découvert de la dioxine dans du lait de vaches broutant à proximité d'un incinérateur.

Mais la CEE a adopté des normes antipollution très sévères. En France, un arrêté ministériel de juin 1986 impose l'élimination du gaz chlorhydrique (HCl) des fumées par déchloruration, en plus du dépoussiérage qui était déjà obligatoire. Deux nouvelles directives européennes, adoptées en 1989, devraient être introduites dans la réglementation

française avant la fin de l'année. Elles exigent en particulier une déchloruration encore plus poussée des fumées. Ainsi, pour les incinérateurs d'une capacité supérieure à 6 t/h, les émissions de HCl devront être inférieures à 50 mg par Nm<sup>3</sup> (<sup>1</sup>) de rejets contre 250 mg en 1986. La teneur maximale des poussières passera de 150 à 30 mg par Nm<sup>3</sup>. Les émissions de métaux lourds seront, elles aussi, revues à la baisse. Le total du mercure et du cadmium, par exemple, ne devra pas dépasser 0,2 mg par Nm<sup>3</sup>. Enfin, la température de postcombustion des gaz devra être de 850°C au minimum pendant deux secondes, pour permettre une destruction complète de composés très toxiques, comme la dioxine ou les furanes. Cette réglementation touchera tous les incinérateurs neufs et anciens, avec, pour ces derniers, un délai de mise en conformité de cinq ans. Le surcroît d'investissements imposé par ces normes plus sévères va vraisemblablement pousser les unités de faible taille (moins de 1 t/h) à se regrouper en usines plus grandes.

Il y a trois principales méthodes de dépoussiérage. D'abord, les électrofiltres, où les particules sont séparées en passant dans un champ électrique vers un pôle positif (chlorures, sulfates, qui sont des ions négatifs) et un pôle négatif (ions métalliques chargés positivement). Viennent ensuite les séparateurs à couches filtrantes où les poussières sont piégées dans des milieux poreux (tissus, fibres...) de diamètre de plus en plus étroit. Enfin, dans les multicyclones, c'est l'entrée tangentielle du gaz dans une chambre de turbulence, qui, par simple action de la force centrifuge, sépare les particules en fonction de leur densité.

En matière de déchloruration, le durcissement

(<sup>1</sup>) 1 Nm<sup>3</sup> ou normal m<sup>3</sup> correspond à 1 m<sup>3</sup> de gaz mesuré à 0°C et à la pression atmosphérique (760 mm de mercure).

des normes devrait favoriser le procédé dit humide. Le principe consiste à laver les fumées avec de l'eau, de façon à solubiliser le HCl et une partie des sels de métaux lourds, notamment de mercure. On obtient des boues de déchloruration qui sont ensuite traitées (floculation, coagulation, etc.), puis filtrées.

Les autres méthodes sont le procédé sec, où le HCl est piégé dans de la chaux pulvérulente que l'on récupère ensuite, et ses deux variantes : le procédé "sec humidifié", où les gaz sont humidifiés avant le passage à la chaux, et le procédé "semi-sec", où on applique carrément du lait de chaux.

Le traitement systématique des fumées devrait rendre bientôt les usines d'incinération quasiment irréprochables du point de vue de la pollution atmosphérique. Même si le gaz carbonique qu'elles dégagent renforce l'effet de serre.

En revanche, reste à régler l'épineux problème des "déchets de déchets". A savoir 1,8 million de tonnes de mâchefers et surtout 200 000 tonnes de résidus d'épuration de fumées (cendres, boues de déchloruration) produits chaque année en France : redoutable cocktail de poisons, puisque c'est là que se concentre l'essentiel de la pollution. Ainsi, la teneur moyenne en plomb des cendres volantes est de 10 g par kg ! Qu'en faire ? La réglementation actuelle exige que ces résidus soient séparés des mâchefers, notamment lorsque ces derniers sont, sous certaines conditions (éloignement des cours d'eau et des points de captage) utilisés comme substrat de chaussée. Cependant, les sels métalliques toxiques contenus dans les cendres sont tellement solubles et lixiviables qu'elles ne peuvent être stockées en l'état même dans les décharges de classe I pour déchets industriels. Seules les mines de sel de Kali und Salz, en RFA, pourraient les accueillir, mais les Allemands répugnent de plus en plus à importer des déchets étrangers. Moralité : dans la pratique, la quasi-totalité des cendres sont mélangées aux mâchefers et enfouies dans des décharges ordinaires ou destinées aux chantiers de travaux publics, où elles peuvent engendrer de graves pollutions. On croit rêver ! Ce manque de maîtrise montre que dans l'état actuel des choses l'incinération n'est ni plus ni moins qu'un transfert de pollution et ne résoud rien, si ce n'est que les ordures ont perdu 70 % de leur volume initial.

On cherche, avec ardeur, une solution ultime pour ces résidus, sans quoi les incinérateurs deviendraient aussi impopulaires — et ce serait regrettable — que les décharges qu'ils doivent en partie remplacer. Curieusement, les directives européennes ne prévoient rien quant à l'élimination des cendres. Mais le ministère français de l'Environnement attend les résultats d'une enquête de l'Institut national des sciences appliquées (INSA) de Lyon sur différents procédés de neu-

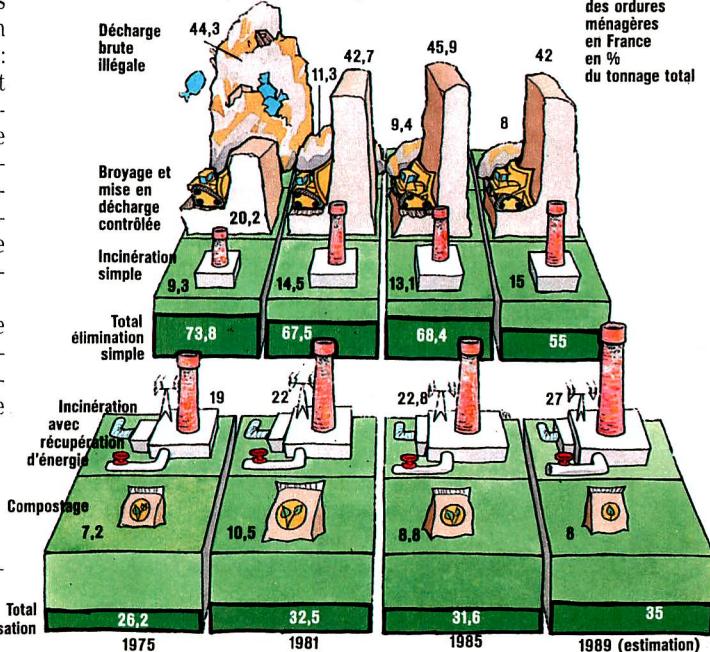
tralisation de ces résidus pour statuer sur leur sort.

Pour une partie d'entre elles, ces techniques consistent à "inérer" les résidus d'épuration en les solidifiant et en les insolubilisant de façon à leur conférer une résistance mécanique à toute épreuve et éviter la lixiviation. Avec le procédé Petrifix, de la société Tredi, on y arrive en plaçant les déchets au contact de réactifs chimiques spéciaux qui mettent en jeu, sous certaines conditions d'humidité et de basicité, des mécanismes pouzzolaniques. Cette technique est déjà largement utilisée en Europe sur divers déchets industriels, mais elle n'a pas encore fait ses preuves sur les cendres d'incinération. La méthode de la société Sarp vise, de son côté, à provoquer une "prise" des déchets comparables à celle d'un ciment, au moyen de réactifs chimiques. La société Lab travaille également sur un autre procédé, mais dans le plus grand secret. De son côté, le procédé Sulzer consiste à réincinérer les cendres pour leur faire subir un traitement thermique. Un système pilote fonctionne en RFA, mais la plupart de ces techniques n'en sont encore qu'au stade du laboratoire. De toute façon, il faudra que l'une d'elles soit meilleure que les autres, et elle renchérira de 20 à 30 F le coût de la tonne d'ordures brutes incinérée.

Une méthode moins onéreuse est proposée par

## France : l'exploitation du "gisement" progresse lentement.

Aujourd'hui encore, on se débarrasse des ordures ménagères beaucoup plus qu'on ne les valorise, mais la tendance semble évoluer dans la bonne direction : en 1975, 26,2 % seulement du tonnage total des déchets étaient valorisés (incinération, avec récupération d'énergie, compostage) ; en 1985, ce pourcentage a grimpé à 31,6 %, et le chiffre estimé pour 1989 est de 35 % (source ANRED).



## PILES AU MERCURE : ON STOCKE !

Calculettes, appareils photo, montres et appareils médicaux ne seraient pas ce qu'ils sont sans les piles boutons. Apparemment inoffensives, ces petites pastilles de métal grosses comme un cachet d'aspirine menacent pourtant l'environnement, car elles contiennent, selon les types, entre 1 et 30 % de mercure. Au contact de l'eau, ce dernier forme un composé très toxique, le méthyl-mercure, qui se concentre dans les chaînes alimentaires et provoque chez l'homme de graves troubles du système nerveux.

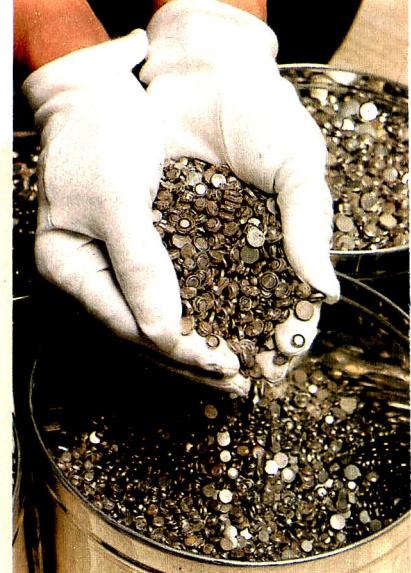
Les Français utilisent chaque année entre 40 et 45 tonnes de piles boutons, soit l'équivalent de 8 tonnes de mercure, qui jusqu'en 1987 n'étaient pratiquement pas récupérées et finissaient, via la poubelle du ménage, dans les décharges ou les centres de traitement des ordures.

Pour contenir ce danger, l'Agence nationale pour la récupération et l'élimination des déchets (ANRED — les "Transformeurs"), la Croix-Rouge française et la société Alliatech, basée à Anse près de Lyon et spécialisée dans la fabrication d'alliages dentai-

res, ont mis sur pied cette année-là un réseau de récupération de ces piles en plaçant des boîtes de collecte chez les commerçants (horlogers, photographes, etc.) et les professionnels médicaux ainsi que dans les lieux publics.

En ce qui concerne le ramassage à proprement parler, l'opération a été un succès puisque 20 t de piles, soit près de la moitié de la consommation nationale, ont été récupérées chaque année depuis. Malheureusement, le reste n'a pas suivi. Et la seule usine qui retraitait les piles les plus chargées en mercure (2/3 de la collecte environ), dans des conditions plus ou moins légales, a dû fermer peu de temps après le lancement de l'opération pour cause de... pollution.

François Esnault, gérant d'Alliatech, qui est chargé de centraliser la collecte, se retrouve donc au bout de trois ans avec 40 t de piles boutons sur les bras, dont personne ne veut! Elles sont en effet trop riches en mercure pour être placées en décharge, même de classe I. Par ailleurs, les anciennes mines de sel Kali und Salz, en RFA, qui accueillent des déchets très toxiques,



sont proches de la saturation. Et les Allemands ont fait savoir qu'ils se réservent le peu de place qui reste.

Pis encore, les cours des métaux précieux se sont effondrés et la valorisation des piles boutons à l'oxyde d'argent, qui contiennent 1 % de mercure et représentent le tiers de la collecte, n'est plus du tout rentable. En trois ans, le prix du kilo d'argent a chuté en effet de 3 000 à 700 F et celui du mercure de 65 à 39 F ! Or, c'est la

France-Déchets, filiale de la Lyonnaise des Eaux, qui s'occupe de l'enfouissement des déchets en décharge de classe I. Les cendres sont traitées, puis conditionnées dans des sacs spéciaux et placées dans des alvéoles creusées dans le sous-sol de la décharge. Un système de drainage récupère les lixiviat, qui sont, par la suite, retraités. Fort bien ! Mais que deviendront les sacs au fil des siècles ?

Deuxième grande technique de valorisation des ordures ménagères, le compostage consiste à séparer les matériaux inertes des parties putrescibles de façon à transformer celles-ci en un engrais organique utilisable en agriculture. Pour cela, les matières organiques sont placées en conditions oxydantes, c'est-à-dire aérées et humides (de 50 à 60 % d'humidité). Elles sont ensuite transformées en humus par les bactéries et les champignons (*penicillium*, *aspergillus*) présents dans le milieu ; du coup, elles sont pasteurisées par la chaleur (60-70°C) qu'engendrent les réactions biochimiques. Au bout de quinze jours, on obtient du compost jeune, destiné aux champignonnières. Puis, au bout d'un ou deux mois, le produit est utilisable en viticulture ou en céréaliculture, et, au-delà de six mois, en horticulture ou maraîchage. Le rendement moyen est de 450 kg de compost par tonne d'ordures brutes. Le reste est incinéré ou mis en décharge. Le compostage peut se faire de façon "lente" ou "accélérée". Dans le procédé lent, les matières organiques sont éten-

dues sur une hauteur de 2 m à raison d'une t/m<sup>2</sup> et aérées tous les quinze jours au moyen d'une pelleuse ou de machines spéciales qui retournent le tas. Le compostage accéléré, lui, se passe dans un réacteur où les matières putrescibles sont brassées mécaniquement ou aérées par injection.

Une nouvelle technique mise au point par SOGEA, filiale cette fois de la Générale des Eaux, consiste à placer les ordures brutes, c'est-à-dire non triées et non broyées, dans un cylindre tournant (2 tr/min) de 2 m de diamètre et de 15 à 30 m de long. Des dents métalliques éventrent les sacs poussiéreux plastiques et dilacèrent les ordures. Au bout de trois à huit jours, les matières putrescibles, et notamment les papiers et les cartons, ont commencé à se fragmenter, et le tri s'effectue par la suite dans de meilleures conditions. Une partie du compost obtenu part directement en champignonnière, le reste est stocké à l'air libre sur une aire pour subir un complément de fermentation.

Le procédé SOGEA est pour l'instant l'un des seuls à supprimer le broyage des ordures brutes en début de chaîne. Ce dernier est en effet remis en cause aujourd'hui en raison de ses conséquences néfastes sur la qualité du compost et en particulier la présence de minuscules bouts de verre ou de plastique, que le tri ne parvient pas à séparer.

Ce dernier s'effectue avant le compostage, mais aussi de plus en plus à la sortie des

vente de l'argent à la société Engel Hard, numéro deux mondial du traitement des métaux précieux, qui devait permettre à Alliatech de boucler son budget, les prix du mercure étant de toute façon trop bas pour rentabiliser le ramassage.

En attendant que les cours remontent, de nouvelles méthodes de traitement des piles au mercure doivent être mises au point. Actuellement, le principal obstacle technique provient des joints en PVC qui, lors de la distillation et de la reconcentration, s'amalgament avec le mercure pour former un "beurre de mercure" extrêmement résistant qui dégrade les installations. Autre contrainte, le mercure libère des vapeurs très toxiques qu'il faut parfaitement maîtriser. Des tentatives de rapprochement avec des industriels dans le dessein de rechercher des méthodes efficaces de traitement ont échoué devant le refus du ministère français de l'Environnement de s'engager financièrement.

Aux dernières nouvelles, les piles de François Esnault vont finalement être prises en charge par les Transformateurs, qui les stockeront en attendant qu'une solution définitive soit trouvée.

Heureusement, toutefois, que l'opération n'a porté que sur les piles boutons, de faible volume, et non sur les 6 000 t de piles alcalines ordinaires consommées chaque année en France. Chargées à 1 % de mercure, elles en libèrent donc chaque année 60 t dans l'environnement !

D'ici au 1<sup>er</sup> janvier 1993, une réglementation européenne prévoit de réduire leur teneur à 0,25, puis à 0,1 % et d'organiser leur récupération et leur traitement. Ces opérations seront financées par une taxe payée par les fabricants. Par ailleurs, les piles seront consignées pour inciter les consommateurs à les restituer une fois usées. Toutefois, compte tenu des prix de vente très bas du mercure et des coûts de transport (il s'agit de produits faiblement concentrés et plus volumineux que les piles boutons), l'opération ne sera jamais rentable. Quant aux piles alcalines "à 0 % de mercure" que l'on trouve depuis quelques années dans le commerce, leurs fabricants ne font que prendre de l'avance sur 1993, puisqu'elles en contiennent en fait 0,25 %. Cette façon d'arrondir les chiffres est parfaitement menson-

gère, mais légale...

Autre gisement important de mercure : la chirurgie dentaire, où ce métal représente 50 % de la composition des amalgames dentaires (<sup>1</sup>). Sur les 70 t de mercure utilisées chaque année pour boucher nos caries, 50 t au moins sont jetées, dont 40 t environ par les patients eux-mêmes lorsqu'ils se rincent la bouche. Les crachoirs sont bien équipés de filtres, mais ceux-ci sont généralement vidés dans la poubelle et le mercure s'échappe avec les ordures ménagères, quand il ne part pas directement dans les égouts pour atterrir *in fine* dans les cours d'eau.

Inlassable traqueur de mercure, François Esnault va organiser, en liaison avec les grossistes fournisseurs des dentistes, un système de collecte avec mise à disposition de boîtes spéciales ramassées régulièrement. L'opération est appuyée par le ministère de l'Environnement, les Transformateurs et les fédérations professionnelles dentaires.

(<sup>1</sup>) Lorsqu'il est amalgamé avec du cuivre, de l'argent et de l'étain dans ce qu'on appelle vulgairement un plombage, le mercure est stabilisé et ne réagit plus chimiquement.

réacteurs. C'est une opération lourde, qui dans une usine représente 80 % de l'investissement. Les moyens utilisés sont le criblage, l'aspersion ou la ventilation d'air (élimination des éléments légers : papiers, plastiques) et le tri balistique : les ordures sont projetées sur un cylindre métallique roulant sur lequel rebondissent les éléments lourds (verre, cailloux, métaux non ferreux). Les métaux ferreux sont collectés par aimantage. Une table densimétrique est parfois adjointe à la chaîne en complément. Il s'agit d'une grille vibrante inclinée sous laquelle est injecté de l'air sous pression. Le mouvement alternatif fait remonter les produits plus denses vers le haut à contre-courant du flux d'ordures, tandis que les matières organiques, plus légères, descendent.

Le compost d'ordures ménagères, ou compost urbain, souffre d'une mauvaise image de marque auprès des agriculteurs, malgré son prix très bas (25 F/t environ). C'est qu'on y trouve des impuretés (verre, plastiques), mais aussi des métaux lourds. Pis encore : les composts urbains sont soumis à la même réglementation que les amendements organiques, qui ne prévoient pas de normes spéciales pour les métaux lourds. Or, comme le révèle une étude de l'INSA de Lyon sur "les métaux lourds dans les ordures ménagères", ceux-ci proviennent pour l'essentiel des agents de surface des plastiques, des encres et des peintures

des papiers et des piles (*voir encadré ci-dessus*) que l'on retrouve dans les composts. Toutefois, des essais de longue durée (dix ans) réalisés par l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) à Bordeaux ne montrent pour l'instant aucun phénomène d'accumulation de métaux lourds dans des plantes cultivées sur des sols ayant reçu des apports de composts urbains à des doses très supérieures aux pratiques courantes. Pour "blanchir" les composts, les Transformateurs ont créé une marque NF "compost urbain", qui garantit des teneurs en métaux lourds inférieures à celles admises dans les boues de stations d'épuration, soumises, elles, à des normes très strictes. Pour l'instant, six usines ont le droit d'usage de cette marque.

Autre limite du compostage, les techniques actuelles de tri ne facilitent pas le recyclage des matières premières (verre, plastiques...). Bien souvent souillées et mélangées, elles ne sont pas valorisables et finissent en décharge ou en incinération. D'où l'intérêt de la "collecte sélective multimatériaux", où un premier tri est effectué chez le particulier. Plutôt que de laisser celui-ci mélanger indifféremment tous ses déchets dans un seul et même récipient (qu'il faut retrier après), l'idée est de lui fournir deux poubelles : dans l'une, il jettera les déchets facilement recyclables (verre, plastique, papiers, cartons, métaux) et dans l'autre tout le reste,

# LE "BUSINESS" DE L'ÉCOLOGIE

*la bête noire des écologistes de base. Et pourtant, à la grande foire écologique de Vancouver, à laquelle ni la presse – "Science & Vie" mis à part – ni l'industrie françaises n'étaient représentées, ce sont des industriels qui ont offert les premières solutions pratiques. Pour une bonne raison : c'est qu'ils ont de l'argent à y gagner.*



*Les industriels sont traditionnellement la bête noire des écologistes de base. Et pourtant, à la grande foire écologique de Vancouver, à laquelle ni la presse – "Science & Vie" mis à part – ni l'industrie françaises n'étaient représentées, ce sont des industriels qui ont offert les premières solutions pratiques. Pour une bonne raison : c'est qu'ils ont de l'argent à y gagner.*

L'éologie a maintenant sa foire. La première, modestement baptisée "Globe 90", s'est tenue à Vancouver, Canada, fin mars. Des scientifiques, venus de 64 pays, y ont débattu des problèmes de la planète : pollution, déforestation, etc. Cela aurait été banal si, pour la première fois, ces défenseurs de la nature n'avaient pas été accompagnés d'industriels offrant des solutions techniques aux problèmes exposés. Et ces industriels ont bien entendu découvert que l'éologie pouvait être économiquement rentable.

Les hommes politiques, toujours à l'affût d'électeurs nouveaux, avaient, depuis trois ans, ouvertement pris parti pour ces grandes thèses écologiques (1). On n'attendait plus que les industriels. Un aussi beau marché ne pouvait les laisser indifférents : rien que pour l'Amérique du Nord, il représente 563 milliards de francs par an (523 pour les seuls Etats-Unis), soit un peu plus que l'ensemble des marchés de l'aviation et de l'aéropatiale. Mieux encore, ce marché croît au taux de 7,5 % par an, un

taux qui, pour garder les mêmes termes de comparaison, est plus du double de celui des industries déjà citées.

En Europe occidentale, les perspectives sont du même ordre : 583 milliards de francs. Et la politique d'ouverture des pays de l'Est devrait les amplifier, d'autant plus que plusieurs de ces pays semblent saccagés par les pollutions.

Or, surprise désagréable, les Français ont brillé par leur absence à *Globe 90*. D'abord, nous espérions y trouver des confrères, point ! Nous étions les seuls, apparemment, au fait de cette foire-conférence. Et puis, nous espérions y trouver de nombreux industriels, mais seules quatre entreprise — Aerospatiale, Environnement SA, Lyonnaise des Eaux et Institut international Génie-Gestion-Environnement — étaient venues exposer leurs techniques, cela parmi 600 exposants ! Malgré l'insistance du secrétariat d'Etat français à l'Environnement, auprès des ministères des Affaires étrangères et de l'Industrie, personne d'autre ne s'est dérangé.

Pourtant, quand Patrick Reid, président de la conférence, rappela dans son discours d'ouverture que « le nouveau champ de bataille des industriels se situe dans le domaine de l'environnement », ce n'était pas des mots. L'objectif de *Globe 90* était bien de mettre en valeur les connaissances technologiques des industries dans ce secteur, et donc de développer un nouveau pan de l'économie internationale.

A quel prix ce développement ? C'est ce que demande l'organisation écologique Greenpeace, qui n'a pas voulu « bénir » cette « mainmise » des industriels sur les problèmes d'environnement. Pour Catherine Stewart, responsable régionale de l'association, « *Globe 90* constitue seulement une façon pour l'industrie de gagner de l'argent en profitant des mouvements de défense de l'environnement ».

L'organisation de ce congrès découle pourtant des recommandations du rapport de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement intitulé *Notre avenir à tous* (également connu sous le nom de rapport Brundtland, nom de la présidente de la commission au moment du dépôt de ce rapport auprès des Nations unies), rapport qui a introduit le concept de "développement durable", c'est-à-dire un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre l'avenir des générations futures.

Et là on distingue des priorités. La première est le problème de l'accumulation des déchets, et plus particulièrement ceux des ménages, qui s'entassent aux abords des grandes villes, et qui promettent d'empoisonner l'environnement des années à venir. En échange de la solution "classique" de l'incinération (\*), de nombreux industriels ont proposé de nouvelles techniques de recyclage. D'autres, en

revanche, pensent qu'il faut changer les habitudes des consommateurs et proposer des produits moins encombrants. Cela fut d'ailleurs le thème des cinq fabricants de couches en coton qui condamnèrent l'utilisation des couches en papier jetables. Chaque année, 1,8 milliard de couches sont déversées dans les décharges publiques des Etats-Unis. Les Canadiens talonnent les Américains, avec 1,7 milliard de couches. Résultat, 2,5 % du volume des décharges municipales sont occupés par les déchets des bambins nord-américains, pollueurs précoce. La priorité est lourde, car un tiers de ces décharges américaines seront saturées d'ici à cinq ans. Le remède ? Des couches en coton lavables. Les autorités nord-américaines en ont convenu, et elles encouragent donc les fabricants de couches en coton. Mme Kunin, gouverneur de l'Etat du Vermont (USA), déclare qu'elle interdira la vente de couches jetables le 1<sup>er</sup> juillet 1993. Au Canada, John Reynolds, ministre de l'Environnement de la Colombie britannique, une des douze provinces canadiennes, annonce qu'il taxera les couches jetables, afin d'encourager les parents à utiliser les bonnes vieilles couches en coton (100 % coton). La décision est provinciale, mais entérinée par le gouvernement fédéral canadien. Dans la présentation de son nouveau programme (22/03/1990) qui désigne les produits les moins polluants, le ministère de l'Environnement attribue le label "écologique" aux couches en coton Babykins. Pour bien les reconnaître, un signe ou "logo" (trois colombes entrelacées qui forment une feuille d'étable) distinguera les paquets de couches. D'autres produits tels que les bidons d'huile de moteur recyclée, les peintures à base d'eau dépourvues de solvants halogénés ou de métaux lourds, comme le mercure, font partie de cette nouvelle gamme de produits verts canadiens.

Reste à savoir si ce retour aux couches en coton est bien suivi par les fabricants dans le respect de l'écologie, et si ce ne serait pas, par hasard, une réaction stratégique pour s'emparer du marché des couches (†). C'est un peu ce que donne à soupçonner une publicité de couches lavables, alléguant que

(\*) Montréal 1987 : signature du protocole de Montréal visant à réduire les substances qui appauvrisse la couche d'ozone — comme les CFC (chloro-fluoro-carbures) ; Toronto 1988 : programme de réduction des émissions de gaz carbonique de 20 % d'ici à l'an 2005 ; La Haye 1989 : signature par vingt-quatre pays d'une déclaration politique appelant à la création d'une autorité mondiale pour protéger l'atmosphère.

(†) Voir notre article p. 104.

(‡) Babykins affirme également qu'aucune étude n'a été entreprise sur l'innocuité du polyacrylate qui est, depuis deux ans, mélangé à la cellulose des couches jetables, afin d'augmenter leur pouvoir absorbant. C'est faux, Procter & Gamble, dont la filiale française est Pampers, a réalisé de nombreuses études médicales, qui ont été publiées dans *Médecine et Enfance* (mars 88, vol. 8 n° 3). Ces enquêtes, effectuées sous l'égide de médecins de l'hôpital Necker-Enfants-Malades, de Paris, démontrent que, non seulement le mélange cellulose-polyacrylate est inoffensif, mais en plus qu'il est bénéfique aux fesses des bébés, parce qu'il les protège des érythèmes fessiers, causés par des couches souillées.



l'amour d'un bébé à ses parents est proportionnel à la qualité de ses couches, étant sous-entendu qu'un bébé langé dans des couches lavables serait plus affectueux qu'un bébé langé dans des couches en cellulose.... On croit rêver !

Toujours est-il que les couches en coton vont bouleverser le marché outre-Atlantique, et plus particulièrement au Canada. En effet, plus de 30 000 arbres par an sont nécessaires pour fabriquer les couches de cellulose utilisées par les seuls bédés de la ville de Toronto ! Avec les couches en coton, les marchands de bois et les fabricants de cellulose ne seront pas à la fête. Ils s'y attendaient peut-être : le Canada, à Globe 90, a demandé à la population de diminuer sa consommation de papier en employant du papier recyclé, afin de sauver ses forêts. Au Canada, 5 millions de tonnes de papier recyclable sont, en effet, perdues dans les décharges municipales, soit 35 % du poids des déchets municipaux. Chaque tonne de papier recyclé revient à réduire de 3 m<sup>3</sup> le volume de déchets à enfouir, et épargne la vie de 17 arbres. Ces économies freineront donc le rythme inconsidéré de la déforestation dans ce pays où l'industrie du bois et du papier emploie un Canadien sur dix, ce qui en fait le plus grand exportateur de produits forestiers au monde (4).

Un tel pillage a d'ailleurs été déploré, lors de la conférence, par M. Mostafa Tolba, directeur du programme des Nations unies pour l'environnement : « Pour 10 arbres abattus dans le monde, un seul est replanté. » Même si les Canadiens sont loin de cette triste moyenne (ils replantent 1 arbre sur 4 coupés), le recyclage du papier reste chez eux, comme ailleurs, vital pour les forêts. Cependant, cette technique a ses limites, puisque, les fibres cellulosiques étant raccourcies à chaque réutilisation, le papier finit par perdre ses propriétés mécaniques.

L'amélioration, mais aussi la rentabilité des techniques de recyclage étaient donc les chevaux de bataille de plusieurs exposants de Vancouver. On a vu, comme exemple, les premiers conteneurs fabriqués à l'aide de vieux pneus fondues, et de

nouveaux matériaux en aggloméré de briques d'emballages. Ces dernières, qui servent à conditionner lait, soupe et jus de fruits, sont constituées à 75 % de papier, à 20 % de polyéthylène pur et à 5 % de feuilles d'aluminium ; elles sont donc peu biodégradables et encombrent les décharges. Lacérées, elles sont réduites en flocons, lesquels sont laminés à haute température et transformés en planches de construction. Etant donné le pourcentage de plastique — le polyéthylène —, ce matériau résiste mieux que le bois aux moisissures. La société Tetra Pak, qui produit ce type d'emballage au Canada vient de lancer la première campagne de recyclage dans le sud de l'Ontario (Canada). En Europe, une usine pilote sera construite en Allemagne cette année. Ce n'est pour le moment qu'un coup d'essai dans l'attente d'une concrétisation économique.

En revanche, le recyclage des canettes en aluminium s'est imposé ! On estime que la moitié des canettes vendues dans le monde sont actuellement recyclées (500 milliards). En effet, ce métal est l'un des matériaux les plus facilement réutilisés et pour



**Métamorphose !** Peu biodégradables, les "briques" de soupe, de jus de fruits, de lait encombrent les décharges. Mais Tetra Pak, productrice de tels emballages, a trouvé la solution : ces briques deviennent des planches plus résistantes au feu et à l'humidité que le bois. Quant aux canettes en aluminium, la moitié de la production mondiale est déjà recyclée.



cause : il conserve ses propriétés mécaniques quel que soit le nombre de réutilisation. De plus, le coût énergétique de la technique est faible : la fabrication d'aluminium à partir des canettes consomme seulement 5 % de l'énergie qu'il eût fallu utiliser pour fabriquer une même quantité de métal à partir du minerai de bauxite (on dépense de 16 à 18 kW/h d'électricité pour produire un kilo d'aluminium). La société Alcan, qui partage le marché mondial de l'aluminium avec Alcoa (Aluminium Company of America) et la société française Pechiney, a frappé un grand coup à Vancouver en révélant l'ampleur qu'elle a donnée à son programme de recyclage. Témoin la création, à la fin de l'année dernière, de la plus grande usine au monde de recyclage de canettes, à Bérea, dans l'Etat du Kentucky. Alcan combine profit et intérêt général ; car non seulement l'aluminium encombre les décharges publiques (1 % des déchets domestiques), mais il menace la santé de l'homme en polluant les eaux lorsque les pluies acides lessivent ces décharges et entraînent les ions aluminium dans les rivières ou la nappe

phréatique. Récemment, une étude anglaise<sup>(\*)</sup> a démontré le lien entre l'apparition de la maladie d'Alzheimer (dégénérescence des cellules nerveuses) et la concentration de l'aluminium dans l'eau de boisson. Pourtant, l'Angleterre, comme la plupart des pays européens, recycle peu les canettes : seulement 3,5 % des 4 milliards de canettes vendues chaque année. Seule la Suède les recycle à 85 %, tandis que la France, l'Allemagne et l'Espagne l'ignorent totalement.

Le recyclage de l'aluminium s'attaque désormais aux secteurs du bâtiment (tôles et profilés), aux matériels électriques (lignes de transmission électrique) et enfin au transport (radiateurs automobiles, et profilés pour la fabrication des avions). Aux Etats-Unis, 1,4 million de t/an d'aluminium sont recyclées pour la seule industrie du transport, soit 7 % de la consommation annuelle des pays occidentaux. Ces chiffres ne feront qu'augmenter car ce métal est de plus en plus utilisé. Fait significatif : en 1970, chaque voiture américaine contenait 25 kg d'aluminium ; en 1990 elles en contiennent 3 fois plus. En fait, si des circuits de recyclage se mettent en place dans le monde entier, les industriels pourraient songer à louer le métal à leurs clients. Mais alors qu'une canette de bière peut revenir à l'usine de recyclage en quarante-deux jours, l'aluminium des voitures resterait en location pendant dix ans, tandis que la location du matériel de construction pourrait atteindre soixantequinze ans !...

La conférence de Vancouver aura donc eu le mérite de montrer que les industriels s'intéressent à l'écologie et que celle-ci est rentable.

Dans deux ans aura lieu, toujours à Vancouver, Globe 92. Montréal et Bergen (en Norvège) annoncent une conférence du même genre pour cette année. Le Canada et la Norvège se placent en position de pointe parmi les pays industrialisés.

**Didier Dubrana**

(\*) Voir *Science & Vie* n° 865, septembre 1985, p. 98.

(\*) "Alzheimer's Linked to Aluminium in Water", par Joann S. Lublin, *Wall Street Journal*, 13 janvier 1989.



# LA MÉMOIRE EN OTAGE

*d'explosifs, de détonateur ou d'horloge piégée, un microordinateur suffit pour menacer à coup de "bombes" informatiques les fichiers des grandes sociétés.*



u'elle soit accidentelle ou provoquée, la perte de fichiers informatiques peut tout simplement conduire l'entreprise au dépôt de bilan.

23 juin 1986, 22 h 30. Un incendie se déclare au siège social d'une entreprise du Sud-Ouest. Le centre informatique est fortement touché.

24 juin. Les dégâts matériels sont estimés à 800 000 F. Cette somme permet effectivement de remplacer le matériel détruit, mais tous les fichiers sont définitivement perdus.

Janvier 1988. L'entreprise dépose son bilan. Motif : "perte de mémoire."

Ce n'est pas un cas isolé, et les incendies ne sont pas seuls en cause. Un très récent sondage d'Info-mat/Sofres, réalisé sur un échantillon de 295 directeurs de services informatiques, établit que ce ne sont pas toujours les risques les plus redoutables qui font l'objet de mesures préventives. Si le feu, l'inondation et les catastrophes naturelles inquiètent 64 % des personnes interrogées, la fraude et le sabotage ne sont cités que par 40 % d'entre eux, alors que 11 % seulement prennent des mesures de protections contre ces risques. 52 % des directeurs de services informatiques font preuve de fatalisme, considérant que fraude et sabotage immatériel, falsification, piratage, destruction de logiciels ou de fichiers constituent des risques inévitables. 22 % avouent avoir été victimes de "malveillance informatique" sans jamais en avoir fait état. La plupart du temps, cette discrétion vise à préserver l'image de l'entreprise à l'extérieur.

Des chiffres qui laissent songeur et qui pourraient donner des idées à des pirates, à des maîtres-chanteurs et à des terroristes, professions en voie de développement.

Jusqu'à présent, "virus", "trappe" et "cheval de Troie" (voir *Science & Vie* n° 834, mars 1987) ont diverti beaucoup d'étudiants et de mordus d'informatique sans occasionner de gros bobos aux systèmes.

*Le matériel des terroristes évolue ! Plus besoin*

*d'explosifs, de détonateur ou d'horloge piégée, un microordinateur suffit pour menacer à coup de "bombes" informatiques les fichiers des grandes sociétés.*

mes. Il s'agissait d'une partie d'échecs entre le responsable système et le pirate, plutôt que d'une opération pure et dure de sabotage. Mais on pourrait bien quitter le "ludique" pour le racket ou le terrorisme : « Payez ou je fais sauter votre banque de données. » C'est malheureusement possible.

Comment placer une bombe à retardement ?

Pas besoin d'explosif, de détonateur ni même d'horloge piégée. Tel un œuf de coucou, la bombe est couvée par l'ordinateur lui-même. Il s'agit d'un petit logiciel que le maître-chanteur loge directement dans la mémoire centrale du système. Ce miniprogramme a un but bien précis : détruire tel ou tel fichier, tel jour, à telle heure. Un code particulier, connu seulement du concepteur, permet de le désactiver et de l'effacer de la mémoire.

Le colis piégé ne comportant que très peu d'instructions, il est très difficile de le détecter par la place qu'il occupe. Il reste totalement passif jusqu'à l'heure h du jour j. Et cela peut durer des mois ou des années.

Déposer une bombe, c'est faire entrer une série d'instructions dans la machine. La méthode la plus courante utilise le réseau, cet ensemble de terminaux clavier-écran reliés à l'ordinateur ainsi que les liaisons téléphoniques vers l'extérieur (liaisons vers des succursales, par exemple) qui sont souvent actifs vingt-quatre heures sur vingt-quatre. Le terroriste conçoit tranquillement la bombe chez lui, sur un simple microordinateur, puis se connecte au réseau par un téléphone, pour l'introduire dans le système. Connaissant bien l'entreprise, il choisit soit une heure tardive de la nuit, quand les contrôles de transmission se relâchent, soit une période où le réseau est proche de la saturation et où la transmission passera inaperçue.

Les disquettes de jeux électroniques, très appréciées par certains utilisateurs de microordinateurs, sont également un point d'entrée possible : on fournit une disquette qui, en plus du jeu, contient les



instructions servant à placer la bombe dans l'unité centrale et le tour est joué !

Pour exercer son chantage, le terroriste dépose généralement plusieurs bombes, à dates d'effet échelonnées. La première ne constitue qu'un coup de semonce : « Vous voyez bien qu'il faut me prendre au sérieux ! » Les suivantes doivent entrer en action très rapidement, pour ne pas laisser aux techniciens le temps de réagir efficacement. Les dégâts occasionnés par les bombes successives doivent tourner à la catastrophe, afin d'inciter l'entreprise à se montrer compréhensive.

On peut faire plus sophistiqué encore. C'est la technique de l'EMP (*electromagnetic pulse*, rayonnement électromagnétique). Il s'agit d'un matériel capable d'émettre, durant un laps de temps très court (quelques microsecondes), des rayonnements électromagnétiques durs, comparables à ceux que produit une explosion nucléaire à très haute altitude. Les gros moyens, en somme. Sans danger pour l'homme, ces rayonnements sont fatals aux circuits électroniques qui composent l'ordinateur. En dehors des dommages causés à la machine, beaucoup de fichiers peuvent devenir inexploitables. Dirigé vers les

calculateurs de Wall Street, un générateur EMP pourrait occasionner une jolie pagaille.

Les responsables de gros centres informatiques américains prennent la menace au sérieux et entourent leurs installations de protections faisant office de cages de Faraday, solution discutable mais qui devrait tout de même limiter les dégâts.

L'informatique n'est pas la seule proie de ce nouveau terrorisme à base de technologies de pointe. Explosifs nouvelle vague, drogues, poisons et venins en tout genre... les chimistes proposent des produits tout à fait étonnantes et détonantes. Ils sont allés jusqu'à mettre au point un lubrifiant à base de Téflon qui, badigeonné sur des rails de chemin de fer, interdit la circulation de tout convoi. La motrice se met à patiner et devient totalement incapable de tracter le moindre wagon. Plus vicieux encore : se transformant rapidement en une sorte de vernis, ce lubrifiant est très difficile à éliminer.

Terrorisme et piraterie ! Une rubrique qui va peut-être occuper une place croissante dans les médias. Avec, en arrière-plan, l'éternel jeu du gendarme et du voleur, sur fond de très haute technologie.

**Henri-Pierre Penel**

# APACHE : LE MISSILE DE CROISIÈRE FRANÇAIS

*Le Mirage 2000 N de l'armée de l'air, ainsi que l'avion de combat tactique dérivé du Rafale n'auront plus à risquer de se faire détruire en survolant les cibles ennemis, en général très bien gardées, qu'ils auront pour mission de bombarder. Il leur suffira de décocher, à 150 km de distance, un missile intelligent, qui poursuivra sa route tout seul, à ras du sol et donc hors d'atteinte des radars adverses, jusqu'à l'impact final.*

**P**énétrer dans l'espace aérien ennemi est aujourd'hui devenu une tentative quasi suicidaire. S'il parvient à déjouer la vigilance des réseaux de détection et d'alerte radar, dont la précision est devenue presque infaillible, l'avion qui s'y risque a peu de chances d'échapper aux missiles antimissiles lancés contre lui ou, dans un avenir proche, à la redoutable efficacité d'armes défensives telles que les lasers de puissance ou les canons électromagnétiques, qui sont aujourd'hui encore à l'état de prototype. A ces risques s'ajoute même celui d'être confondu avec un appareil ennemi par les défenses de son propre camp lorsqu'il rentre de mission (1).

Aussi les états-majors ont-ils songé à doter leurs avions de combat d'un système d'arme qui leur permette d'atteindre des objectifs à l'intérieur du territoire ennemi sans pour autant s'y engager eux-mêmes. C'est ainsi que sont nés les missiles de croisière.

Ce sont les Américains qui, dès le début des années 70, en ont lancé l'idée. Il s'agissait alors de mettre au point un missile stratégique, porteur de charge nucléaire, destiné à frapper avec une précision quasi chirurgicale des cibles antiforces telles que postes de commandement, batteries de missiles nucléaires, bases stratégiques, réseaux radars, etc. Au cours des années qui ont suivi, ce *Cruise Missile* américain a inspiré de multiples projets destinés, quant à eux, à des applications purement tactiques

et dont le système français Apache apparaît aujourd'hui comme l'héritier.

Lorsque le projet Apache sort des cartons de Matra et de l'allemand MBB, en 1983, la France est déjà associée aux études de définition du MSOW (*Modular Stand Off Weapon*), un projet proposé par les Américains et développé dans le cadre de l'OTAN. Mais les divergences de tous ordres qui se font jour sur la conception même du futur missile incitent les Français à quitter en 1988 le groupe d'étude américano-européen pour se consacrer à un programme purement national. Matra, lâché par MBB (parti rejoindre le programme MSOW en 1987), trouve alors un nouveau partenaire, Aerospatiale (dont le projet, Mobicidic, présenté en commun avec Thomson CSF, a été mis en veilleuse en 1985). Ensemble, ils vont travailler au développement du projet Apache dont, aux dires de l'ingénieur général M. Bousquet, de la direction des engins de la DGE, le coût de développement représentera seulement 16 % du coût du MSOW. A l'heure actuelle, plus d'une dizaine de vols d'essai ont été effectués avec une maquette planante du futur missile. Le programme Apache a été lancé officiellement en septembre dernier. Ces missiles équipent les Mirage 2 000 N de l'armée de l'air dès 1994, et, deux ans plus tard, l'avion de combat tactique (ACT) dérivé du Rafale.

A la différence des engins américains, dont la portée est infiniment plus grande et dont la charge

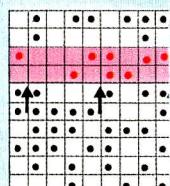
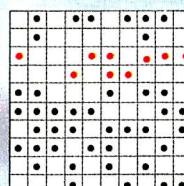
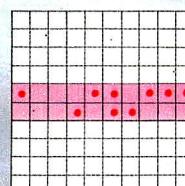
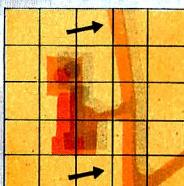
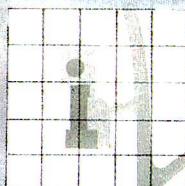


est nucléaire, Apache, nous l'avons souligné, est un missile de croisière tactique (2), le premier au monde. La mission type qui lui est assignée prévoit, dans l'éventualité d'un conflit conventionnel, la destruction d'objectifs fixes (aérodromes par exemple) ou semi-mobiles (chars, pièces d'artillerie de campagne; etc.) à une distance pouvant atteindre 150 kilomètres. Sa vitesse, qui est, avec sa faible altitude de d'évolution — 30 mètres environ au-dessus du relief — et la discréetion de sa "signature" électromagnétique et infrarouge, l'un des principaux éléments d'efficacité de l'Apache, n'est pas divulguée.

On peut toutefois présumer qu'elle se situera entre 600 et 800 km/h.

Toutefois, c'est indiscutablement dans le système de navigation et de recalage (correction) de trajectoire en vol, ainsi que dans les moyens adoptés pour l'identification de l'objectif, que réside l'originalité du missile français.

A l'heure actuelle, deux sortes de systèmes de navigation s'offrent au choix des militaires. Les premiers sont des systèmes de positionnement global par satellites du type GPS Navstar. Les informations qu'ils fournissent permettent de se localiser



4 a

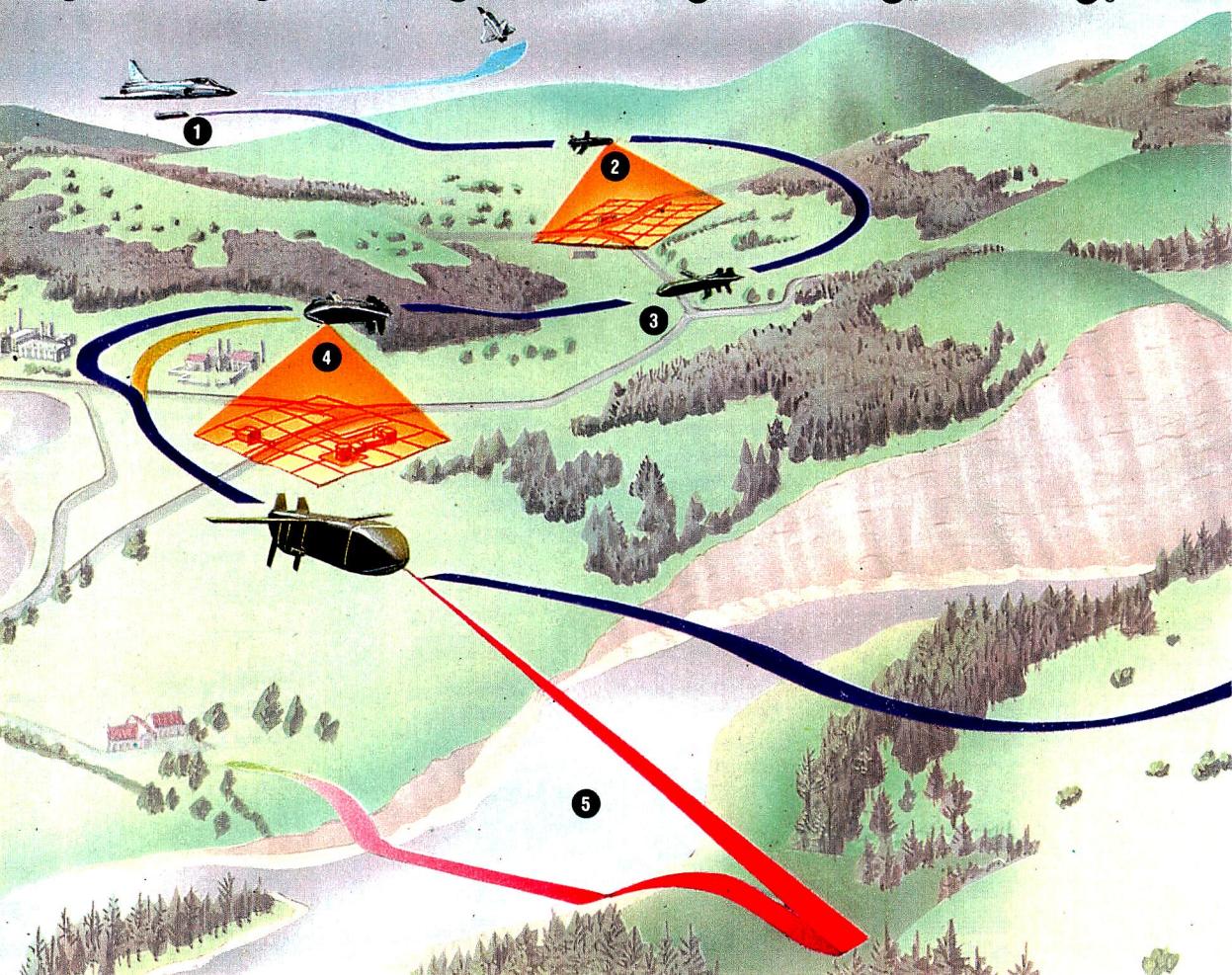
4 b

4 c

5 a

5 b

5 c



avec une remarquable précision — 9 mètres ! — en tout point du globe. Cependant, bien des spécialistes jugent déraisonnable de faire dépendre les problèmes de navigation d'un système unique, alors que les éléments de base de ce système, les satellites, seraient très probablement détruits dès les tout premiers instants d'un conflit. C'est sans doute pour cette raison que l'Apache, bien qu'équipé d'un récepteur Navstar, possédera également un second système de navigation fonctionnant, quant à lui, à l'aide d'une centrale inertielle. Beaucoup moins précis que le Navstar — l'erreur de positionnement après une heure de vol pourrait atteindre 1,3 km ( $^{\circ}$ ) —, il présente en revanche l'avantage d'être entièrement autonome.

Afin de mieux comprendre à quel moment et comment interviennent ces différents systèmes, essayons de suivre l'Apache dans une de ses missions types jusqu'à un objectif situé à 150 kilomètres en territoire ennemi. Ce faisant, c'est peut-être une distance réelle allant jusqu'à 500 kilomètres qu'il faudra parcourir, car le missile emprunte des trajectoires erratiques et de faux axes de pénétration afin de tromper l'ennemi sur l'objectif visé.

De très nombreux facteurs pouvant empêcher l'avion porteur de larguer le missile à partir d'une position décidée à l'avance, c'est à partir d'un point quelconque que l'Apache est lâché et commence à voler de ses propres ailes. Mais il a préalablement reçu des informations qui vont lui permettre de



## DE L'AVION À LA CIBLE, LE SLALOM DU MISSILE INTELLIGENT

A partir de l'instant où il est largué par le pilote de l'avion qui le porte, l'Apache va suivre scrupuleusement les instructions de sa mission telles qu'elles ont été chargées dans la mémoire de son ordinateur de bord. A chaque instant, il va comparer le paysage qui défile sous lui avec celui qu'il est censé survoler, et effectuer en permanence des corrections pour compenser toute dérive et se recaler sur la trajectoire assignée.

**1.** Pour commencer, il se dirige immédiatement vers son point initial, sorte de ligne de départ de sa mission.

**2.** Dès qu'il l'atteint, c'est-à-dire dès que l'image du sol captée par son radar correspond à celle du point de rendez-vous telle qu'il l'a en mémoire, la mission se met en route.

**3.** Pour voler toujours à 30 mètres du sol, le radar mesure en permanence l'altitude, rectifiant lorsqu'il y a lieu. De la sorte, l'Apache suit de près le relief et ne risque pas de s'écraser sur un soudain escarpement.

**4. La corrélation de zone.** Pour suivre le plus fidèlement possible la trajectoire qui lui a été tracée, l'appareil enregistre en permanence l'image radar du sol sous l'engin (grille 4a ci-dessus), et la compare à chaque instant avec l'image de l'endroit qu'il devrait survoler (rappelons que cette dernière lui a été mise en mémoire au départ (4b). Toute dérive constatée à gauche ou à droite donne lieu immédiatement à une correction (4c) qui remet l'engin sur le bon chemin.

**5. La corrélation d'altitude.** Malgré son nom, son but est le même que la corrélation de zone — remettre le missile sur sa trajectoire dès qu'il s'en écarte — et n'a rien à voir avec le maintien de l'altitude du missile. Un mince faisceau radar (ou laser) balaye en permanence une étroite bande de sol sous l'engin et mesure l'altitude de différents points à l'aplomb de la trajectoire réelle (5a). Il localise ces points-altitudes (points rouges sur les grilles) sur la carte qu'il a en mémoire

(5b). S'ils ne se trouvent pas exactement dans le lit de la trajectoire idéale, c'est que l'engin a dérivé. Une correction idoine amène la trajectoire réelle à coïncider avec l'idéale (5c).

Les deux types de corrélation sont complémentaires. La première est extrêmement précise, mais a l'inconvénient d'être repérable et vulnérable au brouillage par les stations radar adverses. La seconde est moins précise, mais extrêmement discrète à cause de son faisceau très étroit. L'engin pourra utiliser les deux en alternance, profitant ainsi des avantages des deux, et de manière aléatoire pour éviter tout repérage par l'ennemi.

**6.** Arrivé en vue de la cible (ici un pont), il compare l'image qu'il en capte avec celle qu'il a en mémoire (6a). Il affine son cap jusqu'à ce que les deux images coïncident exactement (6b). A ce moment-là, la cible est en plein dans le mille. Le missile se verrouille dessus jusqu'à l'impact final.

rallier un autre point, dont les coordonnées précises ont été inscrites dans son programmeur. Atteindre ce point de "rendez-vous" constitue donc la première phase de sa mission.

A partir de là, l'Apache n'a plus qu'à suivre la trajectoire qui lui a été imposée. Si l'on ne recherche pas une précision extrême, comme c'est le cas s'il s'agit d'anéantir des pistes d'envol au moyen d'une charge lâchée en un point quelconque de celle-ci ou de déposer des mines de manière aléatoire sur les axes de progression de l'ennemi, cette deuxième phase se prolonge jusqu'à l'arrivée sur l'objectif sans qu'aucune correction intervienne. Au contraire, si une très grande précision d'impact est requise, par exemple viser le pilier d'un pont, le tir implique l'utilisation d'autodirecteurs (têtes chercheuses) ou de système de corrélation d'images (comparaison entre l'image observée en vol et une image mise en mémoire). Dans ce cas, une troisième phase intervient, au cours de laquelle la trajectoire est revue et affinée.

Rien n'a été négligé pour rendre l'Apache aussi "discret" que possible. C'est ainsi que pour la vitesse subsonique à laquelle il se déplace, une altitude de 30 mètres au-dessus du terrain a paru la plus appropriée pour réduire le risque de détection. Mais l'exigence de discrétion a été poussée plus loin encore puisqu'il semble décidé que le système de recalage et de navigation de l'Apache feraît appel à un procédé mixte alternant, selon les besoins, le recalage par corrélation d'image radar et le recalage par corrélation altimétrique (¹).

Si le premier représente sans conteste la solution idéale pour un recalage parfait, il a tout de même le défaut de faire appel aux techniques radar. Or, on sait que celles-ci sont actives, c'est-à-dire qu'elles émettent sur le secteur avant et de part et d'autre de la trajectoire un faisceau qui, au cas où des systèmes de détection ennemis se trouveraient à proximité ou dans l'axe de pénétration, trahirait la présence du missile. Afin de ne pas se priver des avantages du radar mais de limiter son utilisation aux cas où il est irremplaçable, on a donc adjoint au système radar le système de corrélation altimétrique qui, s'il n'a pas les mêmes avantages — il ne peut fonctionner au-dessus de terrains très plats ou de zones maritimes —, n'a pas non plus les mêmes défauts : il est d'une totale discrétion, surtout s'il utilise une radio-sonde laser dont le pinceau extrêmement directif est imbrouillable (²).

Qu'il s'agisse du système radar ou du système de corrélation altimétrique, le principe de fonctionnement est le même. Pour réaliser une corrélation d'image radar, il faut disposer d'une image de référence qui sera communiquée à la mémoire de l'Apache avant le départ en mission. La première opération consiste donc à obtenir une image brute du terrain, soit

par observation radar, soit par photo aérienne, afin de procéder à une modélisation numérique. Le terrain prend alors l'aspect d'une mosaïque de polygones dont les caractéristiques de réflectance sont connues et stockées une fois pour toutes en mémoire. Pendant le vol, le radar de bord enregistre à son tour l'image du terrain survolé par le missile, image qui est, elle aussi, numérisée. Il ne reste plus qu'à superposer les deux images pour les comparer. Si elles concordent, c'est que la trajectoire suivie par l'engin est parfaite. Le plus souvent, une translation est nécessaire pour les amener à coïncider, opération qui consiste à mesurer l'écart entre la trajectoire suivie par le missile et la trajectoire jugée idéale pour le conduire jusqu'à sa cible, puis de procéder aux corrections nécessaires.

Dans le cas de la corrélation d'altitude la base de données est toujours le terrain numérisé, non plus en termes de réflectance radar mais en termes d'altitude. Il ne s'agit donc plus dans ce cas de comparer deux images mais deux profils altimétriques.

Il va sans dire que corrélation d'images radar ou corrélation d'altitude seraient impensables sans un terrain préalablement numérisé. Or, depuis plusieurs années déjà, il n'est plus le moindre pli de terrain en Europe qui ne l'ait été et qu'on ne puisse retrouver dans les fichiers colossaux dont disposent les états-majors.

**Serge Brosselin**

(1) L'IFF (*Identification Friend or Foe*), autrement dit l'identification ami-ennemi, reste un problème qui ne semble pas près d'être résolu. En effet, si l'on sait tout de l'identité des appareils lancés à l'intérieur du dispositif ennemi, on n'a pas encore trouvé le moyen de savoir à coup sûr si ceux qui en reviennent appartiennent aux forces alliées ou à l'adversaire. Face à ce problème, les états-majors n'ont imaginé qu'un palliatif, un système "temps-espace" qui prévoit les retours de mission dans des créneaux de temps et à l'intérieur de couloirs de retour prédéterminés. Mais une mission ne se déroule pas forcément suivant les plans établis, et un appareil n'est pas toujours en mesure de rentrer au moment où la porte est ouverte. De plus, rien n'empêche alors un avion ennemi de se glisser dans le dispositif allié.

(2) Jusqu'à ces derniers temps, Apache était qualifié de MTDS (missile tiré à distance de sécurité) ou d'engin air-sol dispensateur de sous-munitions, cela sans doute parce que, depuis les discussions sur la loi de programmation militaire 1977-1982, le concept de missile de croisière n'avait plus bonne presse. Certains experts avaient en effet jugé que le temps de trajet d'un tel missile (plusieurs heures) était un élément de vulnérabilité. De plus, étant une arme de saturation des défenses adverses, il aurait fallu en construire un très grand nombre d'exemplaires, ce qui semblait alors incompatible avec les possibilités budgétaires.

(3) Les systèmes inertIELS détectent les accélérations du mobile, ce qui permet, par intégrations successives, d'obtenir la valeur de sa vitesse puis sa position géographique. Toutefois, les gyroscopes ne gardent pas indéfiniment leur position idéale — on dit qu'ils "précessent". Même sur les centrales de haute précision, cette "précession" est de l'ordre de quelques dixièmes de degré par heure. A cela s'ajoute l'approximation avec laquelle sont détectées les accélérations. D'où, au total, deux sources d'erreur cumulées.

(4) Il faut cependant signaler que l'ONERA (Office national d'études et de recherches aéronautiques) a préconisé un système hybride dans lequel un radar à ondes millimétriques pourrait être utilisé à la fois comme moyen de recalage de la centrale à inertie et comme dispositif de guidage terminal.

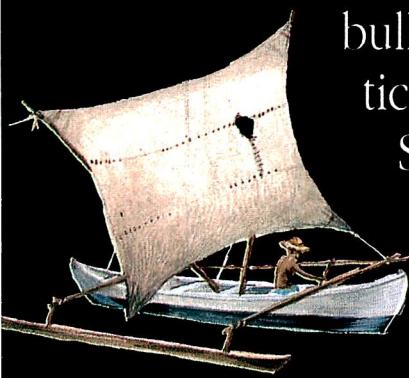
(5) On ignore encore qui, de Thomson CSF ou d'ESD (Electronique Serge Dassault), sera chargé de la partie radar. De même, pour la corrélation d'altitude, on ignore si la réalisation des systèmes sera confiée à la SFIM ou à la Sagem.



# Gagnez un voyage en Lémurie\*

\*12 voyages à Madagascar et des centaines de prix

Vous trouverez votre poster-bulletin de participation dans Science & Vie Junior et chez votre libraire.



**CONCOURS  
GALLIMARD  
JEUNESSE**

**SCIENCE & VIE  
JUNIOR**



Avec la participation de

**AIR MADAGASCAR**



JUSQU'AU 31 MAI 1990

# F RUIT DE LA PASSION



Nous, à SVM, on est fou de micro-informatique.

Chaque mois, on passe au banc d'essai nouveaux matériels et nouveaux logiciels, on traque l'innovation géniale qui vous fera encore gagner du temps, on enquête partout où ça bouge dans la micro pour vous dire ce qui se fait de mieux.

On est constamment à l'écoute de vos besoins pour y répondre concrètement dans chaque numéro.

On teste, on critique, on sélectionne, bref, on fait SVM et on aime ça, passionnément.

Résultat : notre journal est le N° 1 de la presse informatique.

SCIENCE & VIE MICRO

# SVM

N° 1 DE LA PRESSE INFORMATIQUE

SCIENCE & VIE MICRO

# SVM

LE N° 1 DE LA PRESSE INFORMATIQUE

POET : 500 GRAMMES DE COMPATIBILITE IBM PC

## L'ORDINATEUR FAIT SON CINEMA

APPLE, IBM ET COMMODORE A LA CONQUETE DU MULTIMEDIA

AU BANC D'ESSAI

MACINTOSH II fx

AMIGA 3000

DIRECTOR, IBM AVC

FILMMAKER

# ECHOS DE L'INDUSTRIE

CONCOURS

## Paris-air-trophée : le "couple du tour du monde" au jury de *Science & Vie*

Au mois de décembre 1986, leur exploit avait tenu en haleine le monde entier. Dick Rutan et Jeana Yeager avaient en effet "bouclé" le tour du monde sans escale et sans ravitaillement en vol à bord de leur avion *Voyager*, un appareil spécialement conçu pour la circonstance. Au mois de juin prochain, ils feront partie du jury qui décernera le prix *Science & Vie* de la construction amateur dans le cadre du Paris-air trophée.

Lui était un ancien pilote militaire, elle pilote d'avions légers. Mais surtout, Dick était le frère du fameux Burt Rutan, concepteur et réalisateur d'appareils originaux qui ont inspiré les constructeurs amateurs du monde entier.

*Voyager* était une sorte de réservoir à carburant volant. Pour effectuer le tour du monde, il fallait effectivement disposer de réserves considérables — 9 000 livres, soit un peu plus de 4 tonnes d'essence — dans un avion bimoteur, qui, tout équipé mais à vide ne pèserait qu'un peu plus de 1 800 livres, soit 815 kg. Burt Rutan avait en effet calculé que, s'il employait les modes de construction traditionnels, et notamment les alliages métalliques, l'avion du tour du monde aurait la taille d'un porte-avions. La masse à vide conditionne les performances, puisqu'il faut consommer du carburant pour le faire voler. Le projet devenait alors irréalisable pour des gens comme Rutan, vu le coût.

Force lui fut donc de se tourner vers des solutions totalement nouvelles. Il fit appel de façon délibérée aux matériaux composites. A part les moteurs et quelques fixa-

tions, le métal était absent de *Voyager*. Le fuselage, les poutres de raccordement, les ailes étaient faits d'un sandwich composé d'un nid d'abeille en carton recouvert d'une mince peau en tissu de fibres de carbone. Une technique connue et utilisée, là encore, par certains constructeurs indépendants, mais jamais à pareille échelle : *Voyager* avait l'envergure d'un Boeing 727 : 110 pieds, soit plus de 33 mètres ! Le pari fut pourtant tenu.

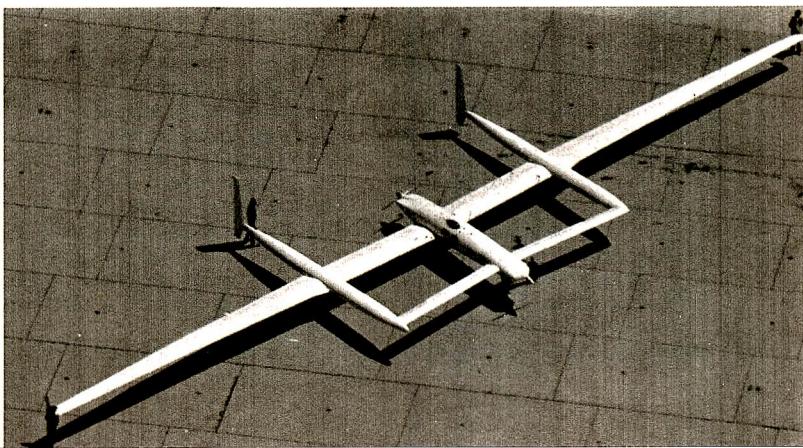
Quant au côté technique, il ne fut pas oublié. Le constructeur Burt Rutan a mis à profit le vol de 1986. Sa société, Scaled Composites, vient ainsi de faire voler pour la première fois un avion de combat léger multimission, réalisé en matériaux composites. Baptisé *ARES* pour *Argile Responsive Effective Support*, cet avion est doté d'un empennage "canard" à l'avant. On sait peu de choses sur ses caractéristiques, mais il est bien évident que sa masse à vide doit être très faible. Il est propulsé par un réacteur Pratt and Whitney Canada

qui présente la particularité, sur l'avion de Rutan, d'être alimenté par une seule entrée d'air située sur le côté gauche de l'avion. Le côté droit est destiné à recevoir un canon. Pour l'instant, l'*ARES* ne fait l'objet d'aucune commande officielle du gouvernement américain et a été développé sur les fonds propres de Scaled Composites.

Outre sa faible masse, l'*ARES* présente un autre avantage militaire : de par sa construction en matériaux composites, il est à peu près indétectable. Les matériaux de ce genre sont en effet transparents aux ondes radar, qui ne se réfléchissent pas sur eux. Les systèmes de défense se révèlent ainsi incapables de les repérer.

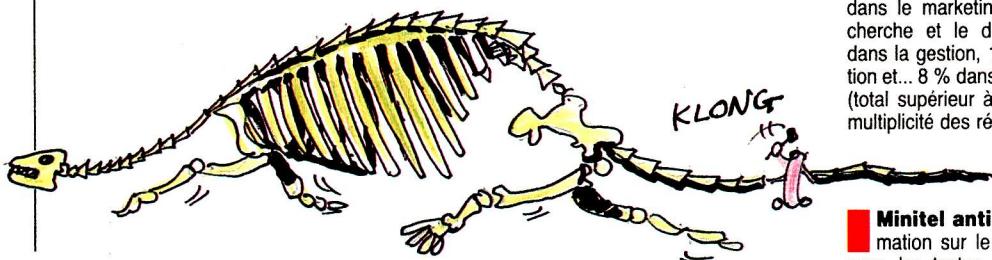
### ATTENTION

*Le règlement du concours "Paris-air-trophée" sera publié dans notre prochain numéro.*



APPAREILLAGE MÉDICAL

## Mieux que la radiographie



Les hôpitaux doivent faire face à un nombre grandissant de fractures dues aux accidents de la route. Les chercheurs de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM) estiment qu'il devient donc tout à fait important de pouvoir mesurer, de façon précise, l'efficacité des traitements en cours pour solidifier les os brisés, et que, actuellement, la seule méthode d'appréciation de la consolidation osseuse, visuelle, la radiographie, n'est pas suffisante.

Ils viennent donc d'en développer une nouvelle qui repose sur la transmission de vibrations mécaniques à travers l'os. L'impulsion est

donnée par un marteau d'impact. Elle provoque des ondes vibratoires qui circulent le long de l'os et sont enregistrées par un "accéléromètre", un capteur placé sur le membre concerné. La transmission des ondes est bien évidemment différente selon que l'os est intact, rompu, en cours de consolidation, ou complètement "réparé". La mesure par l'accéléromètre de cette transmission des ondes permet de connaître très précisément l'état de l'os au niveau du foyer de fracture.

Cette nouvelle technique s'inscrit dans un programme européen de recherche sur les problèmes de consolidation osseuse.

**150 000 offres d'emplois commerciaux** restent, chaque année, insatisfaites faute de candidats compétents. Selon un sondage effectué auprès des élèves des grandes écoles, 46,5 % espèrent faire carrière dans le marketing, 25 % dans la recherche et le développement, 14 % dans la gestion, 11 % dans la production et... 8 % dans l'action commerciale (total supérieur à 100 % du fait de la multiplicité des réponses possibles).

**Minitel anti-dopage.** Une information sur le dopage et ses dangers, les textes officiels, la liste des spécialités pharmaceutiques interdites et des listes d'équivalence substitutives qui donnent, par indication thérapeutique, des exemples de substances autorisées : en tapant 3617 Sportmed, le sportif peut vérifier lui-même les risques qu'il encourt et échapper à un dopage involontaire. Toutes ces informations ont été établies en collaboration avec le secrétariat d'Etat à la Jeunesse et aux Sports, l'institut universitaire Sport et Santé de la faculté de médecine de Paris-Nord et à partir de textes officiels édités par le Comité olympique international. Autres services sur Sportmed : un dossier diététique adapté à chaque sport et à chacun, des conseils sur la préparation aux activités physiques, la pathologie du sportif, des plans de rééducation, etc.

FORMATION PROFESSIONNELLE

## Le Minitel à la rescousse

D'un côté il y a les entreprises, notamment les petites et moyennes industries, dont les salariés peuvent exprimer le besoin de recevoir une formation dans des domaines parfois extrêmement "pointus" et qui ne savent absolument pas à qui elles pourraient bien s'adresser. De l'autre, il y a en France un vivier considérable de 250 000 formateurs et conférenciers, compétents dans tous les domaines possibles et imaginables, et 40 000 fournisseurs de produits pédagogiques et organismes de formation professionnelle polyvalents, privés ou publics. Et rien n'existe jusqu'ici pour rapprocher l'offre de la demande.

L'idée du service Stagenda consultable sur Minitel (par le 36 16),

premier du genre, nous paraît donc bonne. Stagenda accueille tous les formateurs de tous les secteurs, gère leur agenda et propose leurs compétences, leurs diplômes, leurs domaines d'intervention et leurs disponibilités de temps et de lieux aux demandeurs de formation comme aux organismes de formation. Réciproquement, et de façon complémentaire, Stagenda recherche pour les entreprises les formateurs individuels ou les organismes qui correspondent exactement à leurs critères de choix. Enfin, il accueille et propose même tous les services annexes à l'organisation de sessions de formation : salles, matériels et services à caractère pédagogique.

Fonctionnant sur Minitel, le ser-

vice a donc un caractère national, mais il donne toutefois la priorité aux échanges locaux — dans la mesure, bien sûr, où ils répondent parfaitement aux critères et aux compétences demandés.

Le coût ? Les formateurs doivent s'abonner : 4 000 F HT par an pour un organisme, 400 F HT pour un formateur indépendant. L'entreprise, elle, réglera les frais de consultation du Minitel. Pour tout renseignement : Formabase, Michel Petrovski ou Roland Darmon, 3 rue Bellini, 92806 Puteaux Cedex, tél. (1) 47 73 90 26.

**Toute la technique mécanique sur disque optique** grâce à la banque d'information MECA-CD proposée par le Centre technique des industries mécaniques (CETIM).

# La gastro-endoscopie sans douleur...

... pour les patients d'abord, qui n'auront plus à subir le manque de pratique et de dextérité des jeunes médecins. Mais "indolore" pour ces derniers aussi, qui ne peuvent pour l'instant que se référer à leur précis d'anatomie (qui ne saurait leur apporter l'indispensable image tridimensionnelle), avant d'effectuer leur formation de façon passive, par "compagnonnage", en hôpital, où ils passent environ un an à acquérir les bases de la gastroscopie par observation, puis par tâtonnements successifs. Après quoi, tout, ou presque, reste encore à faire, puisqu'ils n'auront jamais eu l'occasion de pratiquer un examen réel et d'en mesurer les difficultés concrètes...

Le système SAGE permet que le premier examen d'un étudiant soit rigoureusement parfait, car c'est un simulateur, un "simulateur pour l'apprentissage de la gastro-endoscopie". Lorsqu'il manipule ce système, l'étudiant tient en main la réplique exacte d'un endoscope et contrôle ses déplacements à l'intérieur du corps sur l'écran du moniteur TV, comme lors d'un examen vidéo-endoscopique normal, mais alors que l'image projetée à l'écran est celle d'un véritable examen, le patient dans le corps duquel l'endoscope se fraie son chemin est, lui, remplacé par un mannequin.

Des capteurs optiques et électriques, répartis à l'intérieur du mannequin et de la tête de l'endoscope, relèvent en permanence les divers paramètres qui situent la position du fibroscopie à l'intérieur du mannequin. Ces données sont transférées sur l'image réelle et comparées à celles d'un "bon" examen. Elles permettent ainsi de voir les erreurs de manipulation et leur importance. Un message, qui explique à l'étudiant la faute qu'il a commise, se superpose alors à l'image



vidéo. Dans le même temps, son score est débité d'un ou de plusieurs points. En cas d'erreur persistante, l'étudiant peut faire appel à un mécanisme de repositionnement, qui le guide vers la prochaine position valide en lui indiquant les mouvements à effectuer. Bien sûr, il y perd encore des points.

Deux types d'apprentissage sont proposés à l'étudiant : regarder un examen réel commenté, ce qui lui permet de mémoriser des repères anatomiques et des enchaînements gestuels caractéristiques. Mais aussi, donc, effectuer lui-même un examen sur vidéo.

Cinq exercices, du plus simple au plus compliqué, sont prévus, avec deux options : le guidage dans la manipulation, les mouvements modèles, ainsi que des messages de localisation anatomique sont affichés pendant le déroulement de l'examen ; ou l'examen en solitaire, dans lequel l'image vidéo est alors le seul guide. Le score maximal théorique, un peu comme au golf, est attribué à un "parcours" sans fautes dans cette seconde option.

Les étudiants peuvent s'entraîner seuls : en tant qu'utilisateurs autorisés il n'ont qu'à fournir au

système leur nom et leur mot de passe. L'enseignant, lui, a accès à tout le système et peut consulter, quand il en a le loisir, les résultats d'un groupe.

Ce nouveau système modifie donc totalement le processus actuel de l'apprentissage. L'étudiant est placé d'emblée en situation réelle. Et au fur et à mesure de son apprentissage, les exercices sont de plus en plus "pointus" et les tolérances se resserrent, jusqu'à n'autoriser qu'un examen parfait.

L'étudiant peut facilement, sans cesse et sans cesse, approfondir son apprentissage sur les parties de l'examen qui lui sont les plus difficiles, passage du pylore, rétroflexion en "U", etc.

Quant au professeur, puisque les examens sont enregistrés, il se trouve à même de les commenter à loisir, d'adapter son enseignement pour plus d'efficacité et d'aider chaque étudiant à combler les lacunes qui lui sont propres. Enfin — et cela nous intéresse tous — il peut faire subir un examen probatoire — non connu de l'étudiant — avant d'autoriser un examen réel sur un patient.

L'utilisation du système SAGE, qui est l'œuvre du Dr Beer-Gabel — travaillant avec la société Act Informatique — est actuellement étudiée au niveau européen. Pour tout renseignement : Act Informatique, 12 rue de la Montagne-Sainte-Geneviève, 75003 Paris, tél. (1) 46 33 72 60.



## Une préoccupation d'"initiés"

La sensibilité aux problèmes d'environnement fut d'abord, essentiellement, une mode lancée par quelques contestataires, qu'il était "bon chic bon genre" de suivre. Elle devint ensuite, dans les années 1980, un réel et profond souci de société, engageant la majorité de la population. Aujourd'hui elle s'efface curieusement, peu à peu. Au point que l'on pourrait se demander si les derniers des écologistes ne seraient pas une certaine classe... d'hommes politiques et d'industriels, qui affirment haut et fort, ici et là, leur volonté de réhabiliter notre biosphère, de sauvegarder notre planète et de laisser à nos descendants un monde propre et sain, grâce aux réglementations des uns, aux initiatives en matière de normes de production des autres.

Par un paradoxe semblable, la dégradation de l'environnement a été la préoccupation primordiale de jeunes gens aux cheveux plutôt longs, de groupuscules plus ou moins progressistes, plus ou moins gauchistes, plus ou moins mal vus ; ceux qu'elle mobilise encore sont désormais des personnes de niveau culturel élevé et des Parisiens.

L'environnement est devenu une

préoccupation d'initiés, le souci d'une "élite".

Tels sont les commentaires que l'on tire à la lecture de l'étude *les Français et l'Environnement*, que vient d'effectuer le CREDOC (Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie).

En 1989, l'environnement n'arrive qu'en 8<sup>e</sup> position dans la hiérarchie des préoccupations des Français, très loin derrière d'autres types de menaces beaucoup plus individuelles. D'abord, il y a les quatre grands fléaux : les maladies graves (57 % des réponses dont 26 % pour les jeunes de moins de 30 ans qui vivent sous le spectre du sida) ; la violence et l'insécurité (45 %) ; le chômage (40 %) ; la drogue (38 %). Puis viennent les accidents dans les transports (21 %), enfin la pauvreté dans le monde (20 %) et en France (19 %). La dégradation de l'environnement n'attire que 18 % des réponses, les risques industriels et nucléaires 16 %. Puis retour aux préoccupations plus immédiates et plus individuelles : les tensions internationales (11 %), les conflits sociaux (8 %), l'ouverture des frontières au marché de la CEE — protectionnisme pas mort — 7 %.

Cette "échelle des menaces" montre, selon les experts du CREDOC, que les Français ont des préoccupations dont ils mesurent plus facilement et plus concrètement l'incidence à court terme. « Nos concitoyens n'évaluent pas immédiatement les risques du futur. Ils ont une position individualiste, axée sur le présent, au détriment d'une réflexion sur le bien-être collectif, orientée vers une construction de l'avenir. »

Si l'on ne considère que l'environnement, les Français attribuent la priorité à la lutte contre les pollutions de l'air et de l'eau (53 %), devant la protection de la faune et de la flore (38 %), la gestion des déchets dangereux, produits toxiques ou radioactifs (30 %), la prévention des risques industriels ou nucléaires (28 %) et la lutte contre le gaspillage des ressources naturelles (20 %).

Les conséquences néfastes du progrès, la rançon d'une ère de technologie avancée ne leur paraissent donc pas fondamentales. « L'anticipation sur le futur, l'évaluation des risques sur le devenir de la planète correspondent peut-être à une préoccupation d'"initiés", vont jusqu'à suggérer les responsables du CREDOC.

A noter, en ce qui concerne l'eau, que si 28 % des Français ne boivent pas celle du robinet, ce n'est pas, comme on pourrait naïvement le penser, par crainte de la maladie ou de la toxicité. C'est tout simplement, pour 51 % des cas, parce qu'ils ne la trouvent "pas bonne au goût" (Javel, calcaire, etc.). Le choix d'une eau minérale pour ses propriétés bienfaisantes intervient à hauteur de 28 %, la peur des maladies 7 % et la crainte des produits toxiques (plomb, pollutions industrielles) 6 % seulement.

Et encore, l'environnement n'est pratiquement pas mis en cause et l'on sort même de son domaine, toujours en matière d'eau minérale, pour aborder celui de la saveur et de la diététique...

L'environnement ne fait décidément plus recette...

### EQUIPEMENT AUTOMOBILE

## La caméra rétroviseur

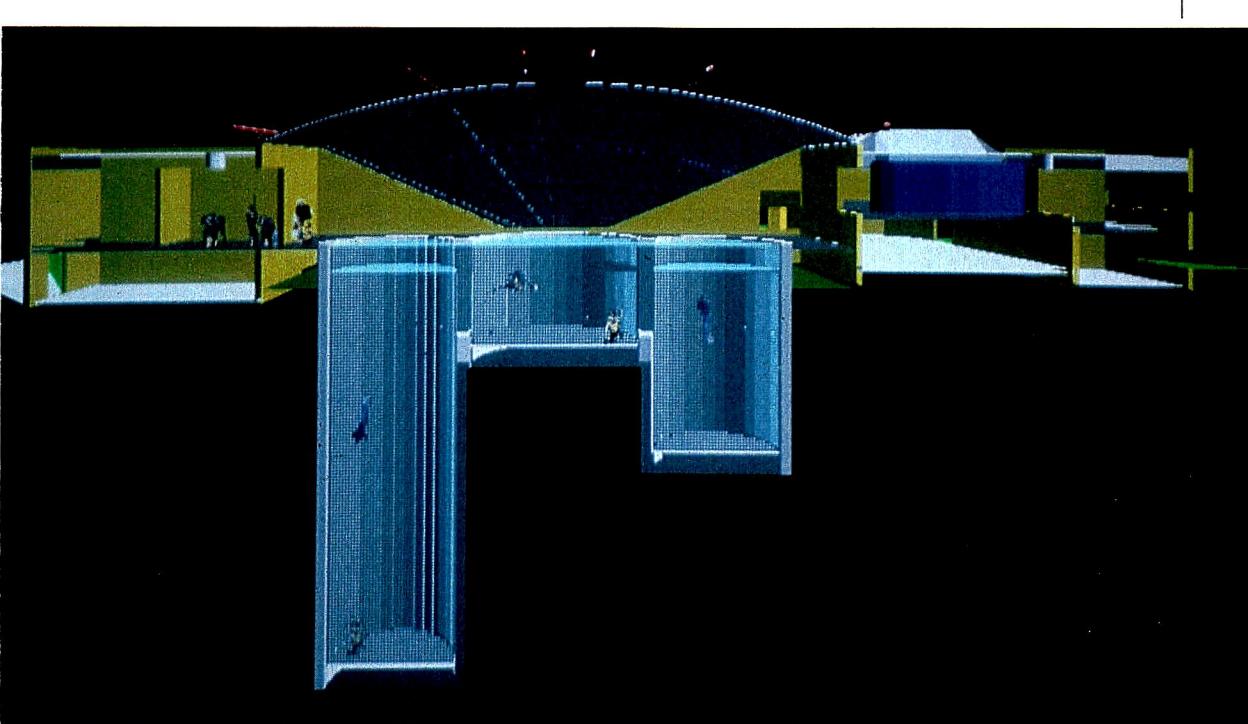
Disposer sur les grands véhicules, qui ont une visibilité arrière limitée ou inexistante, une caméra de télévision faisant office de rétroviseur, l'idée avait déjà été avancée, mais, à notre connaissance, pas encore réalisée.

C'est désormais chose faite, en Suède, avec la Platex PC 8808, qui supprime tout point aveugle et permet des marches-arrière sans surprise pour les cars, véhicules de ramassage des ordures, camions, ou même ferries devant évoluer dans des espaces étroits.

La caméra est montée dans un

boîtier tous-temps et antichocs à l'arrière du véhicule. Elle donne au conducteur une vision complète, entre son pare-chocs et un point situé à une vingtaine de mètres.

En noir et blanc ou en couleurs, la caméra est équipée d'un grand angulaire de 90 degrés et reliée à un moniteur TV placé dans la cabine du chauffeur. Un système d'éclairage automatique est asservi aux variations de la lumière, afin que l'image reste toujours nette et bien visible. En Suède, la Platex PC 8808 est vendue 13 000 couronnes, soit environ 12 500 F.



SPORT

## La plongée autrement qu'en piscine

350 clubs de plongée regroupent sur l'Île-de-France pas moins de 25 500 licenciés. Or, la région ne comporte, à Charenton, qu'une seule fosse de plongée de 15 m de profondeur. Elle date de vingt ans et elle a d'autant plus de mal à répondre aux demandes de ses utilisateurs potentiels que leur nombre a été multiplié par 5 depuis son ouverture, qu'elle est également utilisée par les plongeurs professionnels : gendarmerie fluviale, pompiers, protection civile, militaires, etc.

L'ouverture d'une nouvelle fosse de plongée constitue donc un événement, non seulement pour la région parisienne, mais pour la France toute entière, où les fosses se comptent sur les doigts d'une main. Implantée dans les Hauts-de-Seine (55 clubs, 4 200 licenciés), l'installation comportera trois fosses subaquatiques, et l'ouverture devrait intervenir dans seize ou dix-huit mois. Conçues par l'atelier d'architecture et d'urbanisme H. Chauvet, ces fosses tubulaires auront un diamètre de 6 m chacune

et des profondeurs de respectivement 5, 10 et 20 m, ce qui signifie, pour les deux dernières, des pressions exercées sur le fond de 6 t/m<sup>2</sup> et 16 t/m<sup>2</sup>. Un bassin d'entraînement et d'initiation adapté aux scolaires et aux débutants de 21 × 5 m complétera cet ensemble aquatique.

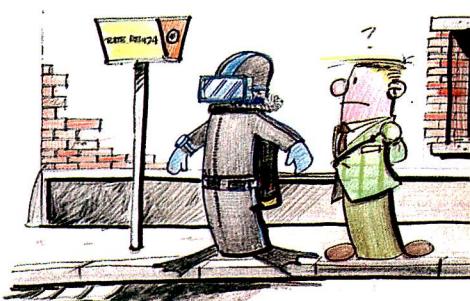
De part et d'autre, deux salles de 40 m<sup>2</sup> minimum assureront la formation des futurs plongeurs. L'une, de 200 places, pourrait être équipée du procédé Gamma System (que nos lecteurs connaissent), permettant de transformer rapidement un local avec sièges en une salle plane, les sièges basculant, travée par travée, en sous-sol. Ce procédé permettrait la projection de films techniques aussi bien que l'entraînement et la formation au plan horizontal.

Il est prévu que les fosses soient pourvues de plates-formes motorisées, grâce à quoi l'on pourra moduler leur profondeur à volonté. Ces caillebotis permettront de forcer le plongeur à respecter certains paliers. Sur toute la hauteur des fosses, caméras de télévision

et haut-parleurs assureront une surveillance et une communication directes avec l'extérieur.

Ultime innovation : les bouteilles seront placées sur des "racks" mobiles pour faciliter leur va-et-vient autour des bassins. Leurs recharges seront assurées à l'aide d'un chariot motorisé se déplaçant sur une structure solidaire du plafond et équipé de quatre buses mobiles.

Même le confort des plongeurs n'a pas été oublié : pour éviter la stratification de la température de l'eau, l'eau chaude, qui monte, sera introduite en partie basse des fosses.



## DES MARCHÉS À SAISIR

*Les innovations, les techniques et procédés nouveaux présentés dans cette rubrique ne sont pas encore exploités sur le marché français. Il s'agit d'opportunités d'affaires, qui semblent "bonnes à saisir" pour les entreprises industrielles et commerciales françaises. Comme l'ensemble des articles de Science & Vie, les informations que nous sélectionnons ici sont évidemment libres de toute publicité. Les sociétés intéressées sont priées d'écrire à "Des marchés à saisir" c/o Science & Vie, 5 rue de la Baume, 75008 Paris, qui transmettra aux firmes, organismes ou inventeurs concernés.*

*Aucun appel téléphonique ne pourra être pris en considération.*

## LE GUIDE OPTIQUE AGRICOLE : ÉCONOMIES ET CONFORT

**Quoi ?**

Un appareil très simple et adaptable sur tous les types de tracteurs, qui utilise les lois de la perspective pour permettre aux agriculteurs de travailler, sans effort, leurs champs en éliminant les recroisements.

**Comment ?**

Deux barres métalliques réunies à leur extrémité par une articulation sont fixées par l'intermédiaire

de berceaux au niveau de l'essieu avant du tracteur. Ces barres, qui sont réglées en fonction de l'outil tracté, matérialisent l'axe de travail. La seule astreinte de l'agriculteur avant de se mettre au volant consiste à superposer visuellement les barres de l'appareil avec des lignes repères : sillon précédent, bord du champ, etc.

Le guide optique ne réclame aucun entretien, aucun élément ne se trouvant en frottement. Il est

précis dans tous les types de relief, l'appareil étant réglable au centimètre près, et il peut être utilisé quels que soient les outils tractés ou poussés.

Supprimant les recroisements, il apporte un gain de temps, donc un gain d'argent qui a été évalué entre 10 et 15 %. Lorsque l'appareil tracté est un semoir ou un pulvérisateur, il réduit en outre notablement le coût des matières. Mais l'un de ses principaux intérêts, qui a retenu l'attention de la Médecine agricole et des services de prévention des accidents du travail, est qu'il supprime les inévitables mauvaises postures prises par les agriculteurs lorsqu'ils vérifient la route suivie par leur tracteur. Avec le guide optique, le chauffeur adopte une position droite, naturelle en toute circonstance. Finis les déhanchements et les problèmes de dos.

**Pour qui ?**

L'inventeur cherche des partenaires financiers et commerciaux pour lancer son produit. Pour développer aussi ce système dans des secteurs autres que l'agriculture, notamment dans les Ponts et Chaussées (marquage des bandes blanches entre autres).

**Comment passer dans cette rubrique**

Si vous avez conçu une innovation ou un produit nouveau, adressez à « Des marchés à saisir » un descriptif de votre invention le plus clair possible, en vous inspirant de la présentation que nous avons adoptée pour cette rubrique. Joignez-y une copie de votre brevet et une photo ou un schéma de votre prototype. Enfin faites preuve de patience et de tolérance ; nous ne pouvons présenter toutes les inventions, et celles que nous publions doivent être d'abord étudiées par notre service technique.

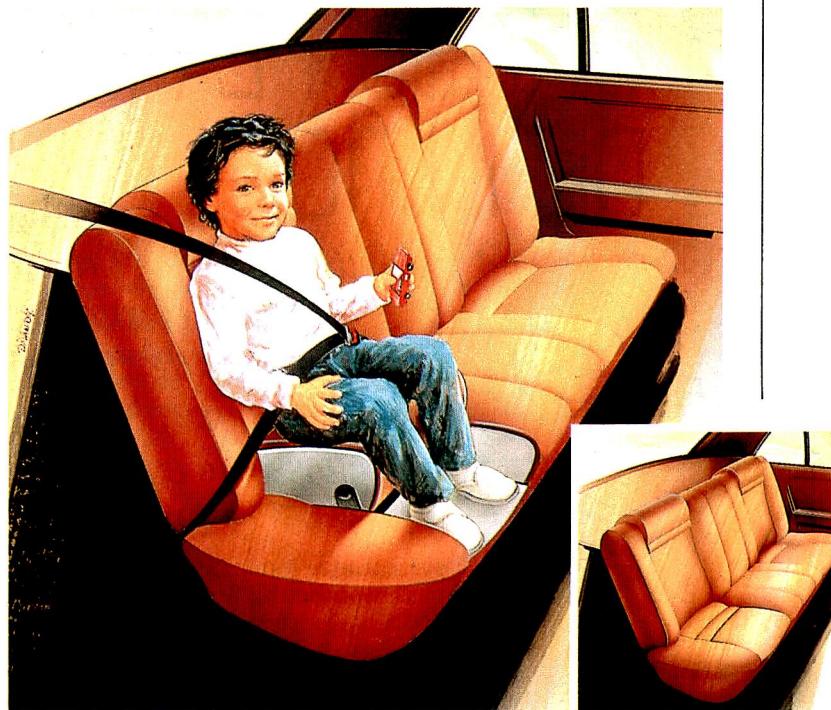


# Le siège qui rentre dans le siège

Le gouvernement l'a décidé, le port de la ceinture de sécurité est désormais obligatoire pour tous, également aux places arrière. Pour les jeunes enfants, la mesure ne devra impérativement être respectée qu'en septembre : les pouvoirs publics laissent aux constructeurs le temps de s'adapter et de trouver des systèmes assurément valables, qui seront soumis à homologation.

L'enjeu ? 500 enfants décèdent chaque année des suites d'un accident de la route et plus de 20 000 sont blessés — dont 150 tués et 6 000 blessés dans la tranche de 3 à 10 ans. Or, on estime que largement moins de 10 % des enfants sont retenus à leur siège, surtout en bas âge — ce qui s'expliquerait par la rareté des systèmes bien adaptés à cette tranche d'âge. Comme la tolérance de l'enfant à l'impact est plus élevée que celle de l'adulte, les spécialistes pensent que des dispositifs appropriés permettraient — pour peu, encore, qu'on les utilise — d'assurer une sécurité quasi totale pour les enfants pris dans un accident de la route.

Avant que les mesures gouvernementales soient effectives, Renault a présenté, à l'occasion de la 12<sup>e</sup> Conférence internationale *Experimental Safety Vehicles*, récemment tenue à Göteborg (Suède), un



dispositif qui nous paraît fort séduisant.

Il s'agit d'un siège qui, au repos, est escamoté dans un logement de la banquette arrière. Il possède une position d'utilisation rehaussée, ce qui offre au jeune passager une position confortable. Il a en effet un champ visuel sur l'extérieur aussi étendu que celui des adultes. En outre, cette position d'utilisation rehaussée rendra possible l'utilisation de la ceinture classique de sécurité pour passager adulte, dont la sangle inférieure se positionne bien à plat à la racine des cuisses.

Ce dispositif ne prend en outre aucun encombrement et ne modifie en rien l'esthétique arrière quand il n'est pas en usage.

Il est en cours d'homologation, et Renault l'implantera sur un nouveau véhicule de sa gamme.



## CONCOURS

# Un logiciel pour communiquer

Le Forum de l'informatique et des technologies nouvelles sera organisé à Aubenas du 28 au 30 septembre par Ardetel (Ardèche-Télématique) en étroite collaboration avec France Télécom, qui présentera en avant-première des applications de Numéris.

A cette occasion, un concours

de logiciels dédiés à la communication est organisé. Tout auteur peut concourir sous réserve de l'envoi de son logiciel avant le 1<sup>er</sup> septembre, accompagné d'un bon de participation autorisant Ardetel à faire éditer sa création.

Parmi divers prix figure, en effet, la commercialisation possible des

programmes sélectionnés, par une société informatique lyonnaise, après accord entre les lauréats et celle-ci.

Pour toute information : France Télécom, numéro vert 05 14 26 07 et O. Guichet, Ardetel, 69 bd Gambetta, 07200 Aubenas, tél. (1) 75 93 37 37.

# CAP SUR LA HAUTE DÉFINITION

*Après avoir créé des émulsions ultrasensibles de 1 000 à 3 200 ISO, l'industrie photochimique s'est tournée vers les sensibilités les plus faibles, de moins de 100 ISO. Elle propose ainsi aux photographes une finesse de détails et une richesse de couleurs inconnues à ce jour.*

PAR ROGER BELLONE

**I**n'y a pas si longtemps encore, les maniaques du piqué photographique comptaient le nombre de traits par millimètre que pouvait résoudre un film dont ils voulaient apprécier la capacité à reproduire les détails les plus fins. Aujourd'hui, il leur arrive de plus en plus de compter les pixels, ou "points d'information" que peut contenir l'image. Par exemple, alors qu'il célébrait l'an dernier avec Kodak le cent-cinquantenaire de la photo, Bill Pierce, reporter à l'*US News and World Report*, disait des films photographiques modernes qu'ils ont "l'avantage d'être chargés en puissance d'une incroyable quantité de pixels". Ainsi un vocabulaire créé pour la vidéo et l'informatique s'infiltrerait-il dans le langage photographique.

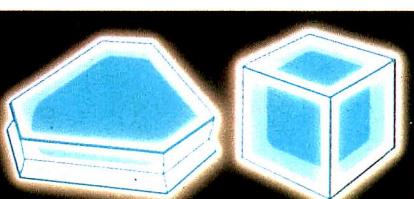
La diffusion des films par télévision, comme l'impression ou la transmission des photos à partir de leur analyse par scanner ont conduit à des comparaisons qui ne pouvaient se faire qu'avec un langage commun. La télévision, comme le scanner, analysant la photo par balayage électronique, ce sont les notions propres à cette technologie qui se sont imposées. L'image est donc divisée en lignes

horizontales, parcourues par le spot électronique (625 dans notre télévision), et verticales, chaque intersection définissant un pixel. Ce dernier est loin de n'être qu'une notion abstraite. Dans une caméra vidéo, chaque pixel est matérialisé par une cellule photoélectri-

que analysant la lumière de l'image en ce point. Les meilleures caméras actuelles d'usage courant en vidéo ont des analyseurs DTC (dispositif à transfert de charge) constitués de près de 500 000 cellules. Mais il existe des analyseurs de haute définition de quelque 4 millions de cellules (1).

Au moment de la visualisation de l'image sur un téléviseur, chaque pixel est matérialisé par une pastille de phosphore (le luminophore). Sur l'écran, les luminophores sont groupés par triades (pastilles rouges, vertes et bleues) afin d'assurer la restitution trichrome. Sur les gros téléviseurs actuels, un million de pastilles divisent l'image en autant de pixels.

La télévision ayant une définition très inférieure à la photo, les appareils existant en vidéo et en informatique ne permettent pas l'exploitation des qualités d'un film. Les fabricants ont donc cherché à réaliser des équipements mieux adaptés à l'image argentique. Aux Etats-Unis, Kodak a ainsi construit le prototype d'un système électronique intermédiaire de haute résolution, constitué d'un scanner, d'un enregistreur à laser, avec un film spécial expérimental pour la copie en couleurs. Selon Joerg D. Agin, vice-président et directeur général de la division des produits audiovisuels et cinématographiques de Kodak, ce système de définition élevée doit permettre le transfert numérique de l'image argentique sans perte de définition et, inversement, la reconversion des données numériques en image argentique, toujours sans perte de qualité. Dans l'immédiat, cela doit faciliter le traitement des images et la création d'effets spéciaux par ordinateur en conservant la définition propre aux émulsions argentiques et plus particulièrement aux



**La performance !** Grains d'halogénure d'argent plats (pour la sensibilité) et cubiques (pour la finesse) incorporés aux couches d'émulsion donnent une netteté et une extrême saturation des couleurs caractéristiques du film Fujichrome Velvia.

(1) Le laboratoire de recherches de Kodak, à Rochester, a créé un capteur ayant une résolution de 2048×2048 pixels. Il existe au Japon des capteurs pour la télévision haute définition ayant une définition de plus de 2 millions de pixels.

films de cinéma.

Lors de la mise au point du système expérimental Kodak, conçu d'abord pour le film cinéma 35 mm, les chercheurs ont estimé qu'il fallait atteindre une résolution horizontale de 2 000 à 3 000 lignes par image, soit une valeur au moins double des 1 250 lignes de notre télévision à haute définition (TVHD). Cette définition peut être obtenue relativement facilement dans le système, car l'image y est traitée à la vitesse d'une par seconde, alors qu'en TVHD le balayage se fait en temps réel, à 25 im/s.

Cette résolution a ainsi été adaptée aux nouveaux films négatifs de cinéma à grain fin, comme l'Eastman Color EXR de 100 ISO, qui, en 35 mm standard, peut séparer 2 200 lignes de 3 000 pixels chacune, soit un total de 6,6 millions de pixels par image dans chacune des trois couleurs (magenta, cyan et jaune). Ce qui représente une capacité 10 ou 15 fois plus élevée que celle de la TVHD.

Or, la norme de TVHD se trouve maintenant figée pour une quinzaine d'années en ce qui concerne le balayage de 1 250 lignes (comme notre télévision en couleurs au standard SECAM l'est depuis trente ans à 625 lignes). Le film, en revanche, peut encore bénéficier des progrès de la photochimie. Le cas de l'Eastman EXR, créé l'an dernier pour le cinéma, est significatif. Il est fondé sur une technologie annoncée par Kodak en 1982, avec le lancement du Kodacolor VR 1000 (*Science & Vie* n° 783 de décembre 1982), et faisant appel à des grains d'halogénéure d'argent très plats et minces, les grains T. Ceux-ci, rappelons-le, constituent de bien meilleures cibles pour les photons que les grains de forme aléatoire des anciens films. De plus, leur faible épaisseur facilite le coulage de couches d'émulsions particulièrement fines, ce qui réduit la diffusion de la lumière les traversant et, par conséquent, les pertes de netteté provoquées par cette lumière parasite. La technologie évoluant, les chimistes savent maintenant créer des grains T de plus en plus petits comportant au surplus une surface dépolie retenant mieux les photons.

Dans le cas d'un film comme l'Eastman EXR, la réduction de la granulation permet aussi d'améliorer les images de télévision, car le grain d'une image diffracte le faisceau électronique d'analyse, provoquant une perte de contraste.

A la dernière conférence du SMPTE (*Society of Motion Picture and Television Engineers*) de San Francisco, Joerg D. Agin disait l'importance du progrès dans ce domaine : « Quand vous réduisez le grain, vous n'améliorez pas seulement l'image du film sur l'écran de projection ; vous obtenez aussi une meilleure image de télévision. Nous continuons à développer ces films de haute résolution en 1990. Car il nous est possible d'améliorer les caractéristiques de l'image (grain, netteté, sensibilité et couleur) par un facteur 10. »

La finesse de l'image ne dépend pas seulement de la finesse des grains d'argent. Nous avons vu que la minceur des couches joue aussi. Il y a encore les propriétés des coupleurs, substances formant les colorants autour des grains d'argent durant le développement, et la structure des couches du film.

Au moment du traitement du film, lorsque les colorants se produisent par réaction des coupleurs et des matières dégagées par l'oxydation des grains d'halogénéure d'argent se transformant





1 en argent métal, ils ont tendance à diffuser autour de ces grains.

Autrement dit, chaque grain d'argent ne donne pas naissance à un point de colorant, mais à une sorte de nébuleuse microscopique. L'image perd en netteté, en précision des détails et des contours de ces détails. De plus, dans les anciens films, les coupleurs d'une couche diffusaient dans les couches voisines, y formant des colorants parasites, réduisant à la fois la netteté du détail, la pureté des couleurs et la séparation des tons.

Les chimistes se sont attachés à supprimer ces défauts en multipliant au sein des couches des coupleurs spécifiques. C'est ainsi que sont nés les coupleurs de masquage automatique : ils neutralisent les colorants parasites d'une couche en les décolorant. Dans le cas des nouveaux négatifs Kodak Ektar, par exemple, des corrections sont apportées de la sorte aux absorptions parasites des couches magenta et cyan. D'autres coupleurs, les DIR (*Development Inhibitor Release*), freinent la formation des colorants loin des grains d'argent. La couleur se concentre donc sur ces grains, favorisant la finesse ; la séparation des tons s'en trouve fortement améliorée. Ces coupleurs DIR augmentent aussi la netteté des contours séparant les plages claires et sombres. Dans le cas du film Ektar 25, le négatif couleurs le plus fin lancé l'an dernier par Kodak, sont également utilisés des coupleurs DIAR ou coupleurs ayant l'effet DIR non seulement au sein d'une couche, mais aussi dans les couches voisines : ils améliorent encore la netteté des contours et la séparation des couleurs. Ajoutons que l'efficacité de ces coupleurs DIAR est due au fait qu'ils n'interviennent pas au début du développement : ils sont programmés dans le temps pour n'agir qu'au moment où cela devient nécessaire pour empêcher la formation de colorants parasites.

Reste la structure des couches. Autrefois, les films en comportaient trois, sensibles respectivement au rouge, au vert et au bleu, et qui étaient

2

### colorées

en cyan, en magenta et en jaune après dé-

veloppement. Dans les films modernes, il n'est pas rare que chacune de ces couches soit doublée ou triplée. Cela permet, pour une même couleur, d'associer une couche de faible sensibilité à grain fin à une couche de moyenne ou de haute sensibilité à grain plus gros. De ce fait, la tolérance du film aux contrastes d'éclairage est accrue : les hautes lumières s'inscrivent dans les couches peu sensibles, les basses lumières dans les couches de haute sensibilité. Avec les films négatifs, cela augmente très fortement la tolérance d'exposition, l'émulsion acceptant un ou deux diaphragmes dans le sens de la sous-exposition, et trois ou quatre diaphragmes dans le sens de la surexposition.

Tous les fabricants ont réalisé des progrès similaires depuis huit ans, maîtrisant les processus de formation des grains d'argent autant que ceux de formation des colorants. Tous ont d'abord utilisé ces technologies pour proposer des films de haute sensibilité à grain fin. Les derniers-nés sont les Fujicolor Super HG 1 600 de Fuji, Ektar 1 000 et Ektapress Gold 1 600 de Kodak (tous négatifs), et Scotch Chrome 800/3 200 de 3M (inversible pour diapositives). Aujourd'hui, est venu le tour des films de faible sensibilité, moins de 100 ISO.

Kodak avait ouvert le feu avec l'Ektar 25 que nous avons déjà cité. Dans le domaine du film inversible, il n'existait jusqu'ici que le Kodachrome 25. Aujourd'hui arrivent deux pellicules qui prétendent concurrencer le Kodachrome : l'Ektachrome 50 HC de Kodak, et le Fujichrome Velvia de Fuji, de 50 ISO.

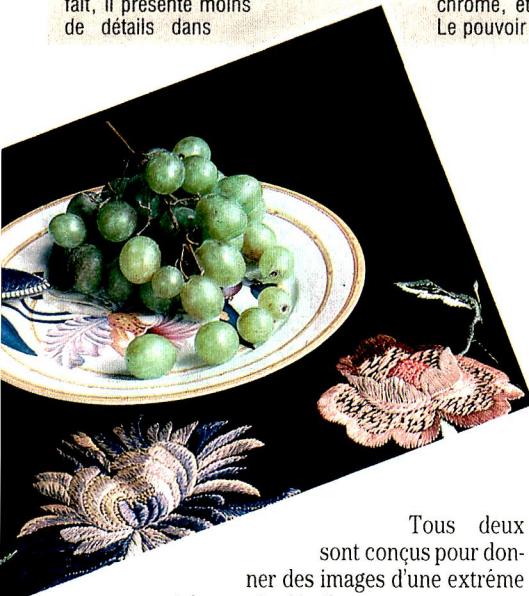
## CHERCHEZ LA DIFFÉRENCE

Les trois films qui peuvent aujourd'hui être considérés comme les plus fins du monde ont été essayés dans des conditions identiques, les prises de vue ayant été réalisées avec un objectif Micro-Nikkor 4/105 mm. Les différences sont si faibles qu'elles risquent fort de ne pas apparaître ici.

Le film le plus ancien, le Kodachrome 25 (1), est le plus contrasté. De ce fait, il présente moins de détails dans

les noirs (étant précisé que l'exposition a été déterminée pour les lumières). Le blanc de l'assiette est imperceptiblement jaune-vert. Un essai sur mires a donné un pouvoir séparateur de 76 paires de traits par millimètre dans les conditions d'éclairage lumière du jour. Le Fujichrome Velvia (2) possède les couleurs les plus brillantes. Le blanc est plus chaud qu'en Kodachrome, et la saturation est extrême. Le pouvoir séparateur que nous avons

obtenu atteint 72 lignes par millimètre. En fait, le Fujichrome Velvia est le plus flatteur des trois. L'Ektachrome 50HC (3) est très proche du Velvia pour la saturation et le contraste. Les blancs sont plus froids. Le pouvoir séparateur est à peine plus faible : 68 lignes par millimètre. En définitive, les trois émulsions sont tout à fait similaires, et il n'y a guère que la saturation des couleurs et le contraste de l'image qui détermineront le choix des utilisateurs.



Tous deux sont conçus pour donner des images d'une extrême richesse de détails avec un contraste élevé et une haute saturation de couleurs.

L'Ektachrome 50 HC est directement dérivé de l'Ektachrome 100 HC. Il en possède la saturation de couleurs et le contraste, mais, du fait de sa sensibilité moindre, est plus fin. Pour l'instant, Kodak ne nous a pas communiqué d'informations sur la structure des couches sensibles.

Le Fujichrome Velvia fait appel à une technologie nouvelle, différente de celle des Fujichrome 50 et 100 ISO proposés jusqu'ici. Les émulsions sensibles y sont toutes triplées, avec des couches de haute, de basse et de moyenne sensibilités.

L'émulsion sensible au bleu (située tout à fait au-dessus) et l'émulsion sensible au vert (intermédiaire) sont constituées d'une couche de grains plats (dits *Cristal Sigma Tabulaire*) favorisant la haute sensibilité, d'une couche de basse sensibilité avec des grains cubiques (dits *Cristal Sigma Cubic*), favorisant la finesse d'image, et d'une couche de grains ordinaires.

L'émulsion sensible au rouge (située au-dessous contre le support) est constituée d'une couche de grains cubiques et de deux couches de grains ordinaires. Cette structure optimise à la fois la sensibilité globale (50 ISO) et la finesse de l'image.

En ce qui concerne les coupleurs, le Fujichrome Velvia utilise le type DIR et une nouvelle famille dite "couleurs sans solvant". Ces derniers ont la

propriété de se répartir de façon homogène dans l'émulsion, alors qu'avec les coupleurs classiques cette homogénéité est obtenue en les incorporant dans un composé huileux. L'absence de ce composé dans les couches Velvia a réduit leur épaisseur de 15 %, favorisant ici encore la finesse de l'image.

Les gains en définition, en précision des contours et en saturation des couleurs de l'Ektachrome 50 HC et du Fujichrome Velvia sont tels que ces films ont pratiquement rejoint la finesse qui, depuis toujours, était l'apanage du Kodachrome. Le Kodachrome, en effet, était depuis un demi-siècle le seul film sans coupleurs dans l'émulsion, ces coupleurs n'étant apportés que par les bains de développement. De ce fait, les couches ne comportent que des grains d'halogénure d'argent, l'absence d'autres substances favorisant une finesse extrême.

Quant aux coupleurs, incorporés librement aux bains pour teinter les couches, ils peuvent être choisis plus facilement pour assurer la stabilité des colorants ; de fait, les colorants du Kodachrome ont toujours eu une excellente résistance dans le temps.

Les deux nouveaux films de 50 ISO procurent une définition au moins égale à celle du Kodachrome 64 et peut-être même du Kodachrome 25 (moitié moins sensible). Depuis deux ans Kodak avait aussi créé un négatif de même finesse, l'Ektar 25, et aujourd'hui tous les films de faible sensibilité (inversibles à coupleurs incorporés et négatifs) ont acquis les qualités du Kodachrome.

Le Dr R.P. Khosla, directeur de la division des technologies microélectroniques des laboratoires Kodak aux Etats-Unis, précisait voilà quelques mois que les progrès réalisés ont été possibles grâce à l'électronique. Avec les ordinateurs, en effet, les chercheurs commencent par simuler les performances des nouveaux films. Cela leur permet de vérifier toutes les hypothèses en faisant varier les paramètres (structure des grains d'argent, types de coupleurs, nombre de couches, position des couches sur le support) et, ainsi, d'optimiser les résultats.

L'Ektar 25 a été conçu de la sorte pour égaler en définition le Kodachrome 25, avec quelque 8 millions de pixels par image pour chacune des trois émulsions sensibles (rouge, verte et bleue). Une performance qui, nous l'avons vu, est loin d'être une limite.

Roger Bellone

# Progressez plus vite dans la Distribution

BAC + 2 ou titulaire d'une formation adéquate doublée d'une expérience professionnelle significative dans ce métier. Vous aimez la Distribution, vous êtes apte à animer des hommes et à travailler en équipe, vous aspirez à bien gérer, vous voulez des responsabilités et une rémunération motivante. Préparez en un an, études gratuites, statut étudiant, l'un des deux

## DIPLOMES D'UNIVERSITE "TECHNIQUES DE DISTRIBUTION-DISTECH"

**Licence d'Etat :** ■ Management et Logistique de la distribution de gros de boissons.

ou

- **Groupe IECS Université Robert Schuman Strasbourg III**

**D.U. Spécialisé :** ■ Gestion du Point de Vente /Grande surface.

- **Groupe IECS Université Robert Schuman Strasbourg III**

- **IAE-FP Université Panthéon - Sorbonne Paris I**

- **Groupe ESC/Reims (diplôme du Groupe)**

- **USTL Université de Montpellier II**

- **UBO Université de Brest**

● Alternance d'environ 600 heures de cours et de 18 à 22 semaines de stages pratiques en entreprises.

● Prenez contact dès à présent.

## FONDATION DE LA DISTRIBUTION

68, route d'Oberhausbergen - 67200 Strasbourg

Tél. 88 27 42 66 - 88 41 77 58

Le parrainage par des Distributeurs garantit les débouchés de ces formations dans ce secteur dynamique : Fédération Nationale des Boissons ; Carrefour, Casino, CEA-FFA, Champion, Codec, Continent, Cora, Docks de France, Euromarché, Major, Métro, Montlaur, Rallye, Société Alsacienne de Supermarchés.

## LA CULTURE GENERALE

clé de votre réussite aujourd'hui !

Oui, dans toutes vos relations, pour tous les emplois, on vous jugera sur votre culture. Votre réussite professionnelle et personnelle en dépendent.

Oui, grâce à la Méthode de Culture Générale de l'ICF, claire et pratique, vous pouvez en quelques mois compléter vos bases, acquérir plus de confiance et une bien meilleure aisance, affirmer votre personnalité et être à l'aise dans tous les milieux..

20 cours (Arts, littératures, droit, philosophie, économie, sciences, politique, etc...). Le parcours santé de l'équilibre et de la réussite., accessible à tous.

Documentation gratuite à : Institut Culturel Français, Service 7090 , 35 rue Collange 92303 Paris-Levallois, Tél. : (1)42.70.73.63



### BON D'INFORMATION GRATUITE

à compléter et retourner à ICF, service 7090  
35 rue Collange 92303 Paris-Levallois.

Veuillez m'envoyer à l'adresse ci-dessous, la documentation complète sur votre méthode.

Nom : .....

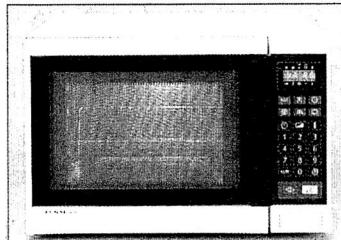
Adresse : .....

## Information commerciale

### DIMEL S.A.

Distributeur exclusif du constructeur japonais FUNAI pour le marché français des magnétoscopes produits CD et TV, Dimel SA lance le dernier né de la gamme Funai.

UN MICRO ONDES COMBINÉ CONVECTION/GRILL A DEUX PALIERS



- Capacité 23 litres
- Minuterie 100 min.
- Eclairage intérieur et porte vitrée à ouverture latérale.
- **Cuve en acier inoxydable.**
- Décongélation automatique selon le poids.
- **Affichage digital 24 h** avec compte à rebours du temps de cuisson.
- **Programmation de démarrage de la cuisson.**
- **Puissance variable** de 60 à 600 watts.
- Encadrement (L×H×P) 526×360×471 mm

**Prix public indicatif :** environ 2990 F.

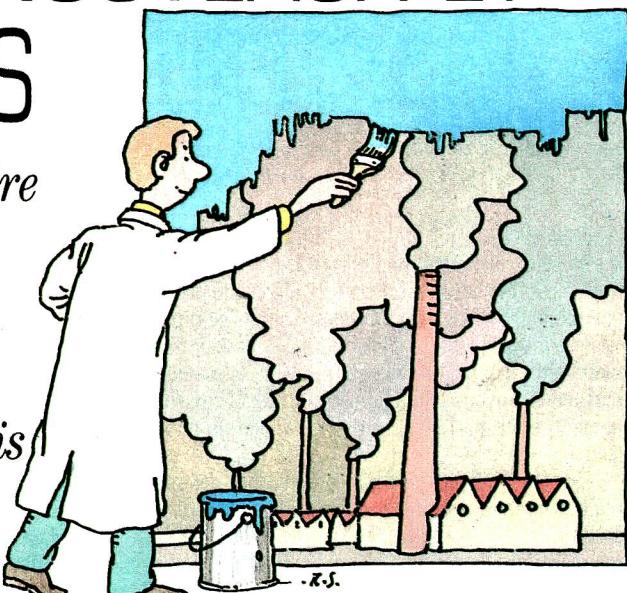


DIMEL SA - 7/9, rue Maryse Bastié - BP 99  
93123 La Courneuve - Tél. (1) 48 36 16 00.

# ENVIRONNEMENT : DES MÉTIERS NOUVEAUX ET MULTIPLES

*D'après un inventaire national, il existe 284 métiers de l'environnement et près de 800 moyens de s'y préparer. Mais si l'avenir est prometteur, les débouchés immédiats sont toujours modestes, et l'"environnementaliste" est encore considéré comme un touche-à-tout que l'on rémunère médiocrement.*

L'aménagement du territoire, la gestion des ressources, la protection de la nature et surtout la lutte contre les pollutions diverses sont aujourd'hui des sujets "dans le vent". Des textes comme le rapport Brundtland (1) tout autant que l'irrésistible poussée des "verts" aux élections municipales de mars 1989 puis aux élections européennes du mois de juin de la même année montrent que les gouvernements comme le public sont sensibilisés à ces problèmes. Bien des entreprises et bien des communes qui polluaient encore sans vergogne dans un passé récent tiennent aujourd'hui à faire connaître les efforts qu'elles consentent en faveur de l'environnement. Ces efforts se traduisent plus souvent par une évolution des moyens de production, comme la mise au point de technologies moins polluantes, que par des créations d'emplois. Le contexte psychologique, économique et politique est, pour l'instant, favorable à l'essor des métiers de ce secteur.



Malgré cela, l'euphorie n'est pas encore de mise. Bien que la tendance à la baisse des effectifs qui s'était manifestée au début des années 1980 se soit inversée depuis 1986, le chiffre de 1981 — 420 000 personnes — n'a pas encore été rattrapé : aujourd'hui, 360 000 personnes seulement travaillent dans le vaste domaine de l'environnement. Mais, parmi elles, beaucoup se trouvent être des spécialistes de la communication dont la mission consiste à revaloriser l'image des entreprises et à informer le public. Quelle que soit la formation ou la fonction exercée, la carrière d'"environnementaliste" est encore assez peu considérée. Et le salaire demeure médiocre : au terme de cinq ans (ou plus) d'études après le baccalauréat, on peut espérer gagner entre 8 000 et 10 000 F mensuels.

La lutte contre les pollutions, la gestion des ressources, l'aménagement du territoire et la protection de la nature ne présentent pas des débouchés équivalents. La lutte contre les pollutions regroupe

## ÉCO-SYSTÈMES POUR LES ÉCOSYSTÈMES

Les efforts de l'industrie française portent surtout sur la prévention des pollutions, soit au moyen d'installations de dépollution, soit par la mise en œuvre de technologies propres. Dans ce domaine, le rapport 1989 des *Donnees économiques de l'environnement* estime que les secteurs industriels concernés par la dépollution (chimie, industrie agro-alimentaire, énergie...) continueront d'investir. Le produit écologique est encore à la traîne, malgré la course aux substituts des CFC ou les polémiques autour de la composition des lessives. La production d'éco-

produits, c'est-à-dire de produits dont la fabrication, l'utilisation et l'élimination respectent l'environnement, devrait pourtant s'amplifier. Après maintes hésitations, le Conseil national du patronat français s'est récemment déclaré favorable à la création d'un label vert distinguant les éco-produits. Dans l'immédiat, c'est du côté des éco-industries qu'il y a le plus de créations d'emplois à attendre. Leur volume d'affaires (en dehors des activités liées à la prévention des risques) a dépassé 77 milliards de francs en 1988, soit une croissance en volume de 4 %.

à elle seule 60 % des emplois de l'environnement, tous secteurs confondus. L'eau représente le principal débouché (46,4 % du total des emplois se répartissent à égalité entre l'adduction et l'assainissement-épuration). C'est elle qui mobilise la majeure partie des moyens financiers consacrés à l'environnement, et en particulier 80 % des dépenses publiques.

Avec les déchets, qui représentent 35 % des emplois, c'est le secteur de l'eau qui a le plus contribué à créer des emplois dans ce domaine en 1988. La récupération des déchets, quant à elle, occupe 40 000 personnes et se prête à la création d'entreprises et d'emplois (¹).

Avec dix fois moins de salariés que dans le secteur de l'eau, l'air fait un peu figure de parent pauvre. L'Agence pour la qualité de l'air constate d'ailleurs que l'investissement français en matière de dépoussiérage et d'épuration des gaz reste l'un des plus bas d'Europe.

L'industrie a, elle aussi, engagé la lutte contre les pollutions. Presque toutes les grandes sociétés possèdent un service pour l'environnement ; rares sont celles qui s'offrent un vrai directeur de l'environnement attaché à la direction générale. Chez Elf-Aquitaine, par exemple, la direction de l'environnement compte peu de salariés, mais coordonne les activités des 400 personnes qui font de l'environnement à temps plein au sein des autres branches industrielles de la société. Avec un budget d'un milliard de francs, Elf n'est pas loin d'égaler les investissements de Rhône-Poulenc, qui a consacré sept milliards de francs à la protection de l'environnement et à l'amélioration de la sécurité à l'intérieur de ses installations, au cours de ces six dernières années. A titre comparatif, rappelons que le budget 1990 du ministère de l'Environnement s'élève seulement à 856 millions de francs.

« On trouve rarement un service environnement dans les entreprises dont l'encadrement général est faible », constate Dominique Gros, responsable de

la division industrie de l'Agence de l'eau Rhin-Meuse (une des six agences nationales chargées de la gestion des bassins hydrologiques). « C'est le cas des usines textiles, du traitement de surface, des papeteries ou des petites entreprises d'agroalimentaire. Dans le meilleur des cas, elles nomment un responsable "environnement", qui assure cette fonction en plus de ses attributions. » Certes, le renforcement de la législation et la pression publique font lentement évoluer les choses. Mais les 4 000 entreprises de traitement de surface, responsables de 30 % des rejets

toxiques des effluents industriels, n'investiront pas du jour au lendemain les 800 millions de francs nécessaires pour se mettre en règle.

Dans l'immédiat, ce sont surtout les éco-industries qui recrutent. Leur chiffre d'affaires a grimpé en flèche, en particulier dans la récupération des déchets. En 1988, ce poste est devenu leur principale source d'emploi. Le traitement de l'eau a également connu une croissance rapide.

La principale caractéristique des emplois en environnement est leur "tertiairisation". De plus en plus d'emplois concernent les activités de services (ingénierie, gestion des réseaux, récupération, maintenance...). Ce phénomène, qui s'amplifie depuis ces dernières années, touche particulièrement les éco-industries. Derrière de grosses sociétés comme Véritas, émergent des cabinets de consultants et des laboratoires de taille modeste qui recrutent des spécialistes en environnement. Les entreprises font de plus en plus appel à eux pour leur plan d'opération interne, pour évaluer leurs risques industriels, faire une étude d'impact, concevoir leurs dispositifs d'épuration...

Peu de collectivités locales prennent en charge la distribution et l'assainissement de l'eau, la collecte et le traitement des déchets ménagers. Elles sont de plus en plus nombreuses à faire appel à des entreprises, ce qui ne les empêche pas de se préoccuper des nuisances et de la qualité du cadre de vie davantage que par le passé. En 1971, Toulouse fut la première ville de France à se doter d'un service consacré à l'environnement. Aujourd'hui, des animateurs se sont joints aux techniciens et ce service de trente personnes a changé d'orientation. Conçu pour traiter les problèmes de pollution atmosphérique et d'acoustique, il fait aujourd'hui de l'écologie urbaine (valorisation des déchets, réhabilitation du paysage urbain, sensibilisation du public). Les conseils généraux représentent aussi un fort potentiel d'emplois et créent des postes de chargés de mission en environnement. Les communes, par ailleurs,

devraient investir six milliards de francs dans les six années à venir pour rattraper leur retard en assainissement (collecte des eaux usées, traitement, etc.), et donc investir en ressources humaines.

Si les communes et les départements recrutent, tel n'est pas le cas de la fonction publique, tant au niveau national que territorial. Les consignes de compression de personnel qui frappent l'administration n'épargnent pas l'environnement. De plus, le mode de recrutement de l'Etat ne favorise pas vraiment les "environnementalistes", qui sont obligés de passer des épreuves dans des disciplines différentes de leurs spécialités, les concours ne comportant pas ce thème de l'environnement. Aussi l'Etat, qui possède des corps d'ingénieurs des Mines, des Ponts et Chaussée, des Eaux et Forêts, manque-t-il de juristes spécialistes en cette matière, d'ingénieurs-écologues, d'architectes-paysagistes... Comme l'explique Alain Pialat, chef de la mission "Vie associative, emploi, formation" au ministère de l'Environnement : « On ne peut en recruter qu'une poignée, et encore, sous contrat. »

De même que la lutte contre les pollutions, l'aménagement du territoire représente une importante source d'emplois. Crées depuis 1971, les CAUE, conseils d'architecture, d'urbanisme et d'environnement (chaque département a le sien), commencent à compléter leurs équipes d'architectes en faisant appel à des ingénieurs écologues et en particulier à des paysagistes. A noter que la moitié des 700 paysagistes DPLG de France exercent leurs profession à titre libéral. Ils se heurtent à la concurrence accrue des horticulteurs et des géographes, aux rangs desquels viendront bientôt se joindre les paysagistes étrangers. La RFA en forme 600 par an contre 60 en France aujourd'hui. A terme, 150 paysagistes sortiront chaque année des écoles françaises. Mais ils suffiront à peine à pourvoir aux commandes : un renversement spectaculaire s'est produit ces dernières années, où les propositions d'emplois ont débordé les candidatures.

Les paysagistes travaillent d'abord pour les villes, qui tendent de plus en plus à se préoccuper de la qualité de leur paysage et de la réhabilitation des quartiers. Les entreprises commencent aussi à se préoccuper de l'aménagement de

leurs sites industriels : à Dunkerque, les clients s'appellent Sollac ou Péchiney. Le marché des jardins privés est, quant à lui, un peu dédaigné par la profession.

Les perspectives sont moins souriantes pour le secteur de la protection de la nature, qui intéresse cependant beaucoup de jeunes. Mais les nombreuses associations qui y travaillent emploient surtout des bénévoles. Les parcs naturels, quant à eux, sont assaillis de demandes.

Or, c'est là un domaine où les débouchés sont particulièrement réduits. Pour sa gestion et son administration, un parc national comme celui des Pyrénées n'emploie qu'une cinquantaine de personnes et n'envisage pas d'augmenter ses effectifs à court ou à moyen terme. L'accueil et la sensibilisation du public sont seuls susceptibles de créer quelques emplois.

Deux inventaires officiels recensent et décrivent 284 métiers de l'environnement et près de 800 formations possibles ; ces dernières ne font pas l'unanimité.

Pour Jean-Claude Noël, secrétaire général de l'A-FITE (Association française des ingénieurs et des

(suite du texte page 173)

## LES BONNES ADRESSES

Une seule formation pour les éco-conseillers :

- L'Institut pour le conseil en environnement, 7 rue Goethe, BP 35 RI, 61001 Strasbourg Cedex.

Le centre de formation et de documentation sur l'environnement conseille les professionnels désireux de recevoir une formation complémentaire en environnement :

- CFDE, 99 bd Malesherbes, 75008 Paris.

L'inventaire des métiers et celui des formations en environnement sont tous deux disponibles à la :

- Mission Vie associative-emploi-formation, secrétariat d'Etat à l'Environnement, 14 bd du Général-Leclerc, 92521 Neuilly-sur-Seine.

L'Agence nationale pour la récupération et l'élimination des déchets édite une brochure qui décrit les métiers de ce secteur et les formations qui y préparent :

- Les Transformateurs, BP 406, 49004 Angers Cedex 01.

Deux écoles forment des paysagistes :

- Ecole nationale supérieure du paysage, 4 rue Havelly, 78000 Versailles.

- Ecole spéciale d'architecture des jardins (établissement privé), 2 rue Quatre-Fils, 75003 Paris.

Une troisième école ouvrira prochainement ses portes à Bordeaux.

L'Ecole nationale d'ingénieurs des travaux de l'horticulture et du paysage délivre un enseignement en techniques du paysage :

- ENITAH, 2 rue Lenôtre, 49045 Angers Cedex.

Une seule formation (de niveau bac + 5) prépare les étudiants à la communication en environnement :

- DESS Relations publiques de l'environnement. Unité fonctionnelle gestion et protection de l'environnement (Département environnement). Université Paris-VII, 2 place Jussieu, 75005 Paris.

En projet à Cergy-Pontoise, la création d'un institut de recherches appliquées à l'environnement et d'une faculté verte proposant des formations autour de la filière environnement, développement, aménagement, santé.

Un colloque sur le thème "les emplois dans le domaine de l'environnement dans l'Europe du grand marché" se tiendra à Avignon les 21 et 22 juin prochains.

Depuis le 9 avril, *l'Etudiant* a ouvert un espace orientation information où les étudiants pourront venir consulter toutes les publications du groupe ou recevoir des conseils personnalisés.

- L'Espace orientation information 28-30 rue du Chemin-Vert, 75011 Paris.

# SCIENCE JEUX

## Un peson électronique

PHYSIQUE AMUSANTE

*Il n'existe qu'une manière de mesurer une masse, c'est-à-dire de la comparer numériquement à une autre : la mettre sur une balance.*

L'outil est fort connu, mais, contrairement à ce que tout le monde croit, il ne permet pas le moins du monde de mesurer un poids — si le spationaute emportait sur la Lune la bascule avec laquelle il s'est pesé au départ, il retrouverait le même chiffre à l'arrivée (par exemple 75 kg), parce que celui-ci mesure sa masse, et non son poids, qui, sur la Lune, est six fois moins élevé que sur la Terre.

Pour évaluer un poids, qui est une force et non un coefficient d'inertie comme la masse, il faut recourir aux déformations élastiques des solides, donc le plus souvent à la flexion d'un ressort plat ou à l'allongement d'un ressort à boudin. Toute contrainte appliquée à un solide le déforme : à la seule force du poignet on tord facilement une tige de cuivre ou un fil de fer.

Mais si l'effort est faible pour un solide donné, celui-ci ne se plie ou ne s'étire que de manière provisoire et il reprend sa forme première dès que cesse la contrainte. Cet effet est très net avec des matériaux élastiques, comme l'acier ou le verre, et avec de très nombreux alliages métalliques ; d'autres métaux, comme le cuivre, l'or ou le plomb, sont peu ou très peu élastiques.

La déformation élastique se traduit en pratique soit par un allongement ou un raccourcissement du matériau, soit par une torsion sur

lui-même. Tant que la force provoquant la déformation reste nettement inférieure à la limite élastique (au-delà de laquelle la déformation resterait permanente), l'allongement relatif du matériau reste proportionnel à cette force — c'est vrai également pour la torsion, le glissement ou la compression.

Il y a donc là un moyen simple d'évaluer les forces, et donc les poids qui ne sont autres que les forces d'attraction dues à la pesanteur sur les masses des objets. En particulier, un ressort bien étalonné est utilisé dans les pesons et dans la majorité des pèse-personnes : une aiguille mobile, liée à l'une des extrémités du ressort, se déplace devant un cadran et indique directement le poids.

Toutefois, nous l'avons dit, la déformation élastique n'est proportionnelle à la déformation relative que si la contrainte reste éloignée de la limite élastique. Plus elle en est loin, d'ailleurs, et plus le phénomène élastique se rapproche de l'idéal mathématique. Mais rien n'étant parfait en ce monde, plus on est loin de la limite élastique et plus la déformation est faible, donc difficile à mettre en évidence.

C'est l'avènement de l'électronique qui allait permettre de dépasser cet obstacle : en amplifiant un signal électrique lié à la déformation, aussi minuscule soit-elle, et en traitant ce signal avec un micro-

processeur, on pouvait afficher directement sur un écran à cristaux liquides la valeur de la force ayant engendré cette déformation. Les bascules automatiques à affichage direct qu'on trouve chez les commerçants en sont l'exemple le plus courant, mais le procédé sert aussi bien à évaluer les contraintes subies par les ailes d'un avion qu'à mettre sous les yeux du grutier la charge qu'il a au bout de son crocheton.

L'élément qui est à la base de ce procédé est une jauge de contrainte : c'est un ensemble de fils métalliques très fins (diamètre de l'ordre du centième de millimètre), parallèles, très rapprochés et montés en série — on peut par exemple prendre un long fil unique qui sera disposé en zigzag sur un très petit carré d'isolant. Cette jauge est à son tour collée à la surface d'un alliage élastique dont elle va permettre de mesurer les très minces déformations sous l'influence de contraintes qui restent très inférieures à la limite élastique.

Pour comprendre le fonctionnement du dispositif, il faut revenir aux notions élémentaires d'électricité. On sait que le courant est dû au déplacement de particules chargées, en l'occurrence des électrons si le conducteur est un métal. Dans leur mouvement, ces particules heurtent les atomes du matériau, d'où une certaine forme de résistance à l'avancement. Celle-ci, qui existe pour tous les conducteurs, est la résistance électrique ; son effet se traduit par un échauffement du conducteur, dit effet Joule.

A dimensions égales, par exemple des fils de même diamètre et de même longueur, et pour une même différence de potentiel, la résistance des divers métaux et alliages métalliques n'est pas la même ; autrement dit l'intensité qui va y circuler varie avec la nature du conducteur. Le meilleur conducteur est l'argent, suivi du cuivre, de l'or, de l'aluminium, etc.

Chaque élément a donc une résistivité qui lui est propre ; pour les métaux c'est une constante qui ne dépend que de la température. Ainsi, l'argent a une résistivité de  $1,6 \Omega \cdot m$  et le fer de  $9,6 \Omega \cdot m$  ; le fer conduit donc six fois moins bien le courant que l'argent. Mais la résistivité est une caractéristique intrin-



sèque d'un corps donné ; la résistance d'un conducteur, et c'est logique, dépend aussi de sa longueur et de sa section : une grosse barre de fer conduira évidemment beaucoup plus facilement le courant qu'un mince fil d'argent.

La résistance d'un conducteur va donc être le produit de sa longueur par sa résistivité, le tout divisé par sa section. Autrement dit, pour un même diamètre d'un fil rond, la résistance augmente avec la longueur ; pour une même longueur, elle diminue quand le diamètre augmente — d'où la nécessité, pour faire passer de grosses puissances, de prendre des conducteurs gros et courts.

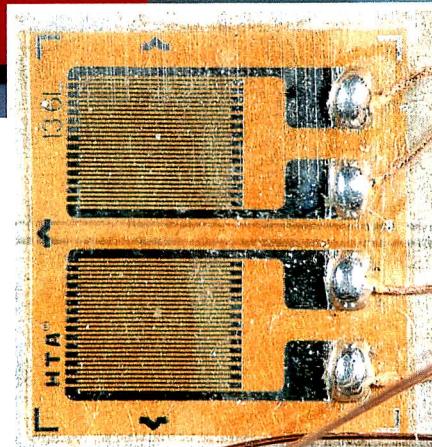
Maintenant, si on prend un conducteur et qu'on tire dessus (sans dépasser la limite élastique), on va à la fois augmenter sa longueur et diminuer son diamètre, d'où un accroissement de sa résistance électrique, et donc une baisse du courant qui y circule — on aurait un résultat similaire en étirant un tuyau d'arrosage : sa longueur augmenterait, son diamètre diminuerait et le débit d'eau baisserait.

La loi d'Ohm,  $V = R \cdot i$ , montre que pour un même voltage l'intensité varie avec la résistance ; or, on

sait mesurer l'intensité avec une très grande précision, et un montage électrique appelé pont de Wheatstone permet d'évaluer les variations d'intensité avec une extrême finesse. Toute la base des jauge de contrainte est là : placé sur l'élément élastique là où la déformation est la plus forte, le fil conducteur va être étiré par cette déformation.

La variation de résistance électrique due à cet étirement se traduit par une variation de l'intensité qui circule dans le fil, et celle-ci est amplifiée puis affichée par un montage électronique. En général, on utilise un fil dont la résistivité est grande, par exemple un alliage fer, nickel, chrome, pour que les variations de résistance lors d'un étirement ou d'une compression soient importantes.

En mécanique et en technologie, les jauge de contrainte sont d'emploi universel, car elles permettent de mesurer les déformations en continu avec une très grande précision, et en des endroits qui seraient normalement inaccessibles — intérieur des ailes d'un avion en vol, par exemple. Par ailleurs, la déformation élastique étant proportionnelle à la force mise en jeu, on peut



**La jauge de contrainte,** ici très agrandie, comporte un seul fil tenu disposé en zigzag serré et collé sur un petit carré de plastique isolant — comme l'indiquent les flèches sur la photo, il y a deux de ces jauge sur l'élément masif déformable en aluminium.

en déduire cette force et donc mesurer des poids, ce qui est le but de notre montage ce mois-ci.

Toutefois, dans cette rubrique dont la vocation est plus didactique que pratique, il ne peut être question de proposer la fabrication d'un outil qui soit juste, précis et fidèle ; il s'agit plutôt de connaître, en les mettant en pratique, des processus ou des phénomènes qui sont d'usage courant dans notre société industrielle. Cela dit, notre

Vers le galvanomètre

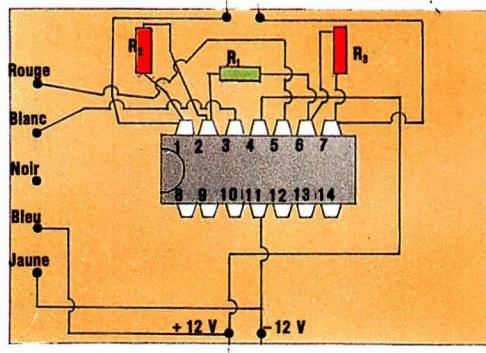


Figure 1. Câblage du circuit amplificateur de la balance électronique.

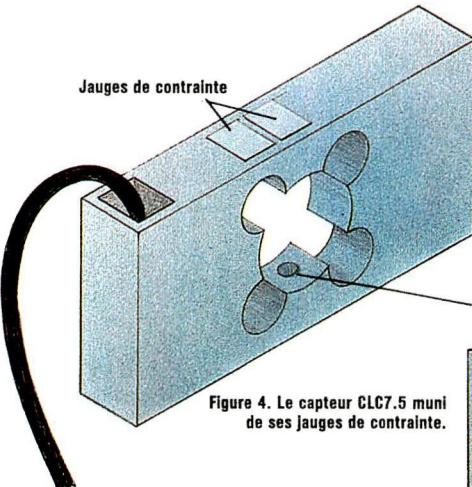


Figure 4. Le capteur CLC7.5 muni de ses jauge de contrainte.

peson — car c'en est une variante — marche très bien, comme le constateront ceux qui le fabriquent.

Contrairement à nos habitudes, cette construction comporte une partie électronique qui, bien que très simple, est assez délicate à réaliser pour ceux qui n'ont pas quelque pratique des circuits intégrés ; en effet, la soudure de leurs minuscules pattes nécessite un fer adéquat et un peu d'expérience. Ceux qui ne la possèdent pas ont intérêt à s'exercer sur un morceau de plaque Veroboard et des petits fils de cuivre.

Faute d'entraînement, un débordement malencontreux de soudure risque de provoquer des courts-circuits qui rendraient le montage inutilisable ; il faut également vérifier la conformité des connexions

avec celles indiquées sur le schéma avant de brancher les piles : une erreur de sens dans la polarité pourrait endommager le circuit intégré. Le reste de la construction n'offre aucune difficulté particulière pour nos lecteurs habitués à la méthode Hobbystyrène de P. Courbier.

Il faut toutefois disposer du matériel suivant :

- Cutter, règle métallique, colle Uhu-Plast et trichloréthylène, colle cyanoacrylate gel, fer à souder pour circuits intégrés.

- Polystyrène choc de 2 mm d'épaisseur.

- Fil de câblage, plaquette Veroboard à trous cuivrés 50 x 100 mm, 10 picots pour plaquette Veroboard, 1 support de circuit intégré à 14 broches.

- 1 circuit intégré LM324 N,

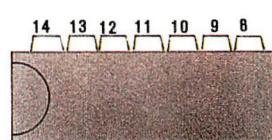


Figure 2. Le brochage du circuit intégré.

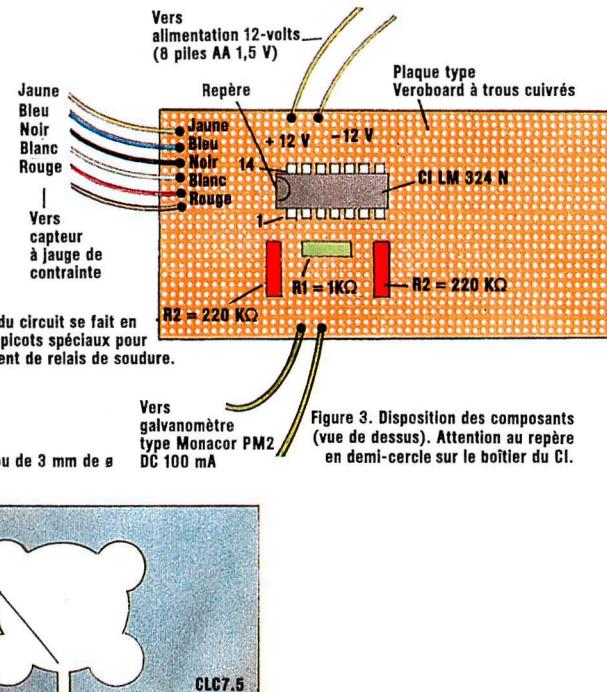


Figure 3. Disposition des composants (vue de dessus). Attention au repère en demi-cercle sur le boîtier du CI.

1 résistance miniature  $1\text{k}\Omega \pm 5\%$ ,  $1/4\text{W}$  (marron, noir, rouge, or), 2 résistances miniatures  $220\text{k}\Omega \pm 5\%$ ,  $1/4\text{W}$  (rouge, rouge, jaune, or).

- 1 coupleur de huit piles  $1,5\text{V AA}$ , 1 interrupteur miniature, 1 galvanomètre type Monacor PM2, déplacement de l'aiguille  $100\text{mA}$  à pleine échelle.

L'ensemble est disponible chez RAM, 131 bd Diderot, 75012 Paris ; pour le recevoir par correspondance, adresser en même temps que la commande un chèque de  $150\text{F}$  (franco de port France métropolitaine).

- Capteur à jauge de contrainte modèle SV001. La société Esselte Meto, 106 bis av. de Beaurepaire, 94100 St-Maur, l'enverra franco de port à réception d'un chèque de  $150\text{F}$ . Offre limitée à deux mois et

par correspondance uniquement.

Nous commencerons par le câblage du circuit ; il se compose d'une plaquette type Veroboard de 50 par 100 mm à trous cuivrés (et non du modèle à bande cuivrée), d'un support de circuit intégré, de trois résistances,  $R_1$  de 1 k $\Omega$ , et  $R_2$ ,  $R_3$  de 220 k $\Omega$  — voir *schéma figure 1* — et de dix picots. Quant au circuit intégré amplificateur (LM 324 N), il ne sera logé dans son support, en veillant bien à son indicateur repère en forme de demi-lune, qu'après une dernière et complète vérification du câblage.

On commencera par bien assimiler le numérotage des broches du support de circuit intégré ; la *figure 2* en montre le principe lorsqu'on le regarde par le dessous, le repère étant disposé sur la gauche. On mettra le support sur la plaque Veroboard, du côté non cuivré, comme indiqué *figure 3*. Un léger point de soudure effectué sur l'une de ses cosses au verso de la plaque le maintiendra.

Ensuite, on mettra en place les dix picots qui sont représentés sur cette même figure par des points noirs et on les soudera. Les six picots situés en haut et à gauche de la plaquette (toujours vue de dessous) sont destinés à recevoir les fils en provenance de la jauge de contrainte — notons que le fil noir n'est pas utilisé dans ce montage.

Les composants seront donc disposés au recto de la plaquette, celui qui n'est pas cuivré, tandis que leur câblage se fera au verso. Les cosses du support de circuit intégré sont très proches l'une de l'autre : on devra donc veiller absolument à mettre le moins de soudure possible, faute de quoi deux cosses pourraient être en court-circuit, ce qui mettrait le montage hors service.

Pour avoir une certitude, on peut examiner le résultat avec un compte-fils ; en tout cas, il est indispensable — sauf talents particuliers — de disposer d'un fer à souder à panne fine et de faible puissance spécialement conçu pour ce genre de travail.

En suivant le schéma de la *figure 1*, il reste à relier les divers composants ; il faudra tenir compte du fait que la numérotation des cosses du circuit intégré est inversée par rapport à celle qui est indiquée *figure 2*, où l'on voit ce circuit par-

dessus. Après avoir glissé les deux fils de la résistance  $R_1$ , disposée au recto, dans deux trous de la plaquette, on soudera l'un des fils de  $R_1$  à la cosse 2 du support ; l'autre fil de  $R_1$  sera soudé à la cosse 6.

On placera ensuite  $R_2$  dont l'un des fils sera soudé à la cosse 2 du support, ou plus facilement au fil de  $R_1$  qui y est déjà ; l'autre fil de  $R_2$  sera relié à la cosse 1. Pour  $R_3$ , et en opérant toujours avec minutie, on soudera l'un de ses fils à la cosse 6 et l'autre à la cosse 7. Les cosses 1 et 7 du circuit intégré seront reliées aux picots de branchement du galvanomètre — voir *figure 3*.

La cosse 4 sera reliée à la fois au picot plus-12-volts et au picot marqué "bleu" sur le schéma de la *figure 1* ; la cosse 11 du circuit intégré sera reliée à la fois au 0-volt et au picot "jaune". Cela fait, le câblage est pratiquement terminé si l'on excepte une vérification soigneuse des connexions et de la qualité des soudures. Il restera à disposer le circuit intégré sur son support en veillant bien à la position du repère en demi-lune. Et l'on mettra de côté le circuit en attendant d'avoir terminé la fabrication de la partie mécanique du peson.

Précisons tout de suite que le principe mécanique adopté n'est pas le meilleur. Il suffit pour mettre en évidence le fonctionnement du système, mais il souffre d'un handicap que Roberval sut éviter au prix d'une complexité mécanique qui se justifiait alors pour une balance de précision. Pour notre part, nous avons d'abord pensé à la simplicité de construction, mais l'objet à peser devra toujours se trouver au centre du plateau.

En effet, un même poids posé sur le plateau provoquera une déformation d'autant plus grande du capteur qu'il sera plus éloigné de son centre de déformation. En conséquence, la justesse de la mesure dépend de la position de l'objet. Toutefois, si celui-ci est correctement disposé, la précision sera convenable pour tout poids allant de 0,2 à 1,5 daN ; elle se traduira donc par une position angulaire identique de l'aiguille du galvanomètre pour des objets de même poids, ce qui est suffisant pour répondre à notre cahier des charges.

La pièce maîtresse de notre peson est un capteur de la société

Esselte Meto, spécialisée dans la fabrication de balances électroniques pour le commerce de détail. Il est composé d'un bloc d'aluminium ajouré sur la face supérieure duquel sont collées deux jauge de contrainte. Leur résistance variera très légèrement lorsque le bloc de métal se déformerà sous la pression asymétrique qui lui sera appliquée par un poids placé à l'extrême d'un fléau — voir *figure 7*.

Cette variation de résistance étant très faible, il est nécessaire, pour pouvoir la matérialiser par le déplacement d'une aiguille sur le cadran d'un galvanomètre, de l'amplifier considérablement. C'est M. P. Juhel, ingénieur au laboratoire de recherches de cette même société, qui a conçu le schéma du circuit amplificateur que nous venons de décrire. Il s'agit d'une version très simplifiée, limitant au strict minimum les composants utilisés.

Le matériau que nous utilisons, le polystyrène choc, est peu propice à la construction d'un peson, car il manque de rigidité. Ici, le métal conviendrait nettement mieux, mais son travail et son usinage le réservent à ceux qui disposent du matériel d'usinage adéquat ; ceux-ci sauront certainement adapter notre montage à ce matériau.

Le polystyrène est infiniment plus facile à travailler, et nous avons renforcé aux endroits critiques les pièces qui le nécessitaient. Le fléau est fixé sur le capteur par une vis de 5 mm, et le capteur sur le socle par un boulon de 3 mm. C'est suffisant pour absorber le porte-à-faux si le poids appliqué à l'extrémité ne dépasse pas 1,6 daN — le daN, décanewton, multiple de l'unité légale de force, est très voisin de l'ancien kilogramme-poids.

Le socle se compose des pièces de A1 à E2. Sa construction n'offre aucune difficulté particulière si l'on se réfère aux cotes et aux indications données *figure 4*. Les pièces A1 et A2 seront collées superposées avec du trichloréthylène passé au pinceau ; ne pas mettre trop de solvant et maintenir les deux pièces pendant le séchage, faute de quoi on pourrait avoir des déformations.

On assemblera et collera les deux pièces D1 et D2, qui, une fois séchées, seront percées d'un trou

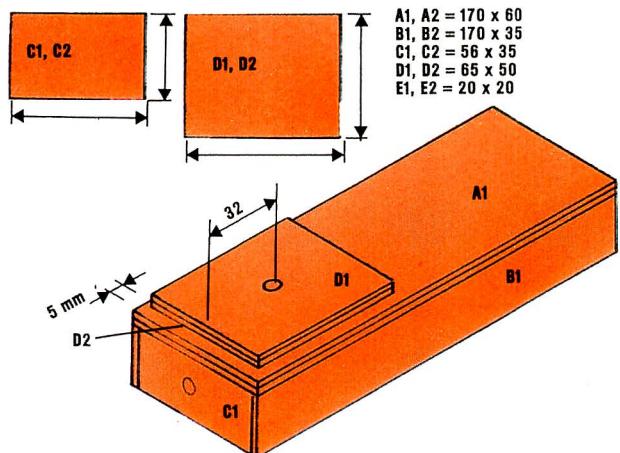
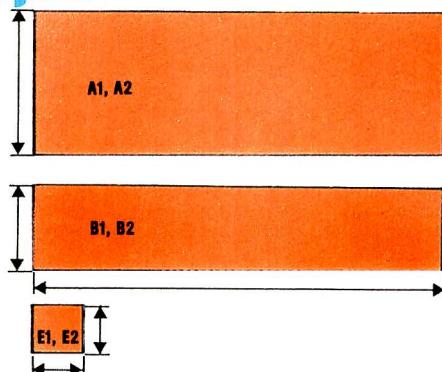
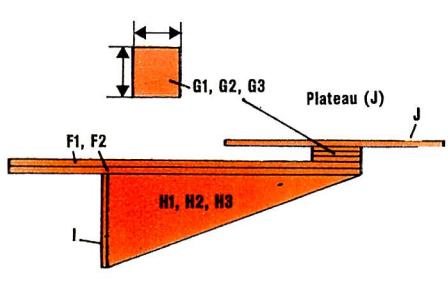


Figure 5. Le socle.



F1, F2 = 145 x 20  
G1, G2, G3 = 20 x 20  
H1, H2, H3 (équerres) = 105 x 40  
I = 20 x 20  
J = Ø 90

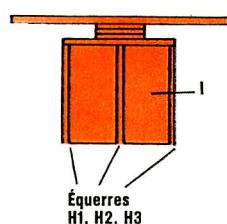
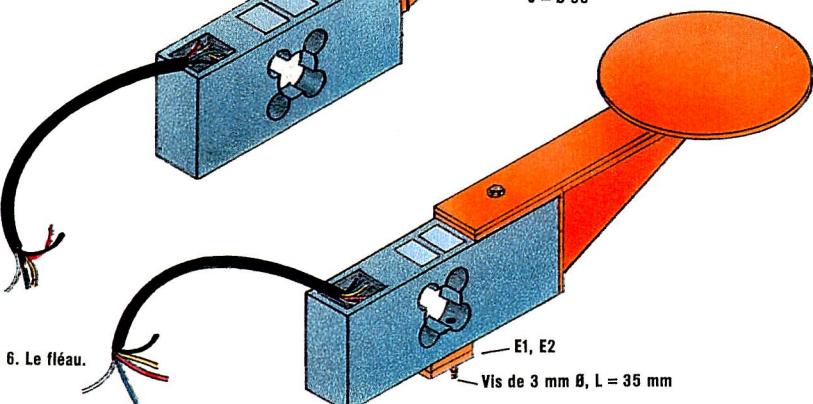


Figure 6. Le fléau.



de 3 mm ; les deux pièces E1 et E2, également percées en leur centre d'un trou de 3 mm ainsi que A1, A2 seront collées l'une sur l'autre, mais non encore fixées sur D1. Percer aussi C1 et B1 pour l'interrupteur (sortie de câble en provenance du capteur).

Un trou de même diamètre, 3 mm, devra être percé sur la face inférieure du capteur afin de laisser passer la vis de fixation ; mais il faudra absolument éviter d'abîmer les fils très fins qui relient entre elles les jauge de contrainte et le relais de connexions : le mal serait

sans remède. Heureusement, l'aluminium est facile à percer, et si on fixe correctement le bloc métallique dans les mors d'un étau, le travail se fera sans difficulté.

Le fléau est composé des pièces de F1 à G3 ; il est rendu rigide par les trois équerres H1, H2 et H3 placées comme indiqué *figure 5*. On terminera l'équipement du capteur en collant (cyanocrylate) le bloc formé des deux pièces E1 E2 tout en vérifiant que l'alignement de leurs trous permet le passage aisément de la vis de 3 x 35 mm. Il ne restera plus qu'à fixer le bloc capteur équi-

pé sur le socle au moyen de cette vis ; afin de l'immobiliser, on mettra une goutte de colle cyanocrylate entre E2 et D1.

Pour afficher le poids des objets mis sur le plateau nous avons retenu un galvanomètre dont l'échelle complète couvre 100 mA ; en réalité, il eût été préférable d'employer un instrument couvrant 50 mA à pleine échelle, mais malgré nos recherches nous n'avons pu le trouver.

L'avantage du modèle retenu (Monacor PM2 DC) est que son cadran est très facilement démonta-

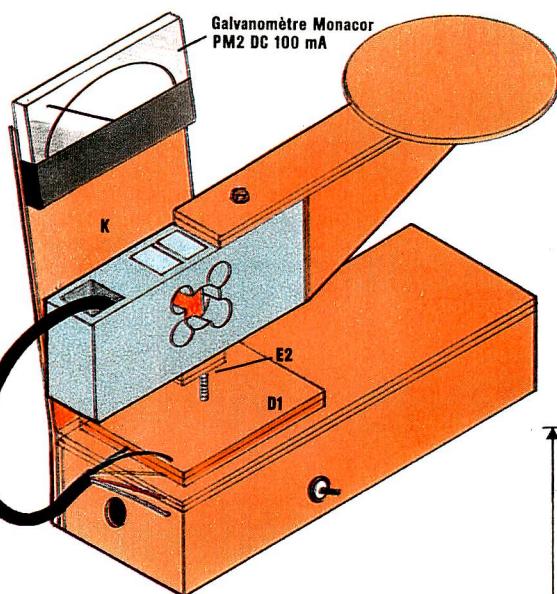


Figure 7. Assemblage de la balance.

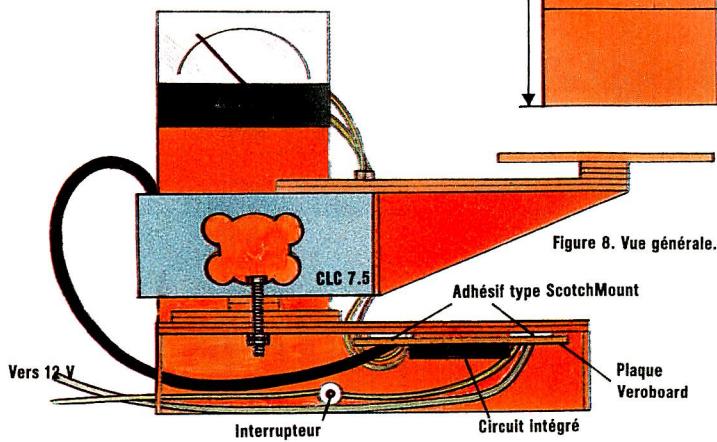
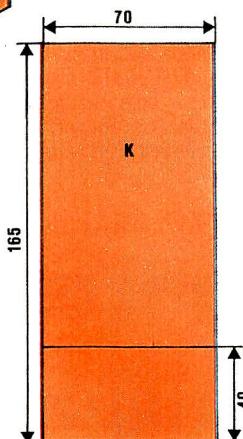


Figure 8. Vue générale.

ble, d'où la possibilité de le remplacer par un cadran en simple bristol qui sera gradué directement. Afin d'éviter au maximum les erreurs de parallaxe, nous l'avons monté par ses vis de fixation sur un rectangle de polystyrène (pièce K de 70 x 165 mm) dont la partie inférieure a été pliée à chaud — *figure 6*. Ainsi, le peson étant fixé devant soi sur une table, le cadran se présente perpendiculairement au regard.

Rappelons que pour plier à chaud le polystyrène il faut disposer d'une flamme propre et d'un bloc de bois qui servira de gabarit ; on chauffe

très précautionneusement le plastique au recto et au verso de l'endroit que l'on veut plier et, au bon moment, on effectue le pliage.

Les divers composants externes doivent être reliés au circuit ; les fils en provenance du capteur, pénétrant dans le socle par un trou percé dans C1, vont aux cinq picots de couleur. Les deux fils plus-12-volts et 0-volt vont à une batterie de piles extérieure, l'un des fils passant par un interrupteur.

Les bornes du galvanomètre sont reliées aux deux picots qui leurs sont destinés ; un essai sera néces-

saire pour déterminer le sens de déplacement de l'aiguille. Si, en appuyant sur le plateau, l'aiguille va vers la gauche, il faut inverser le branchement. Le circuit sera ensuite mis dans le socle et maintenu par de l'adhésif double face.

Les essais seront très simples si l'on dispose d'une série de poids ; dans le cas contraire, il faudra utiliser une balance de cuisine ou autre permettant de constituer une série de poids allant de 0,2 daN en 0,2 daN jusqu'à 1,5 daN.

Avant de commencer l'étalonnage, on réglera le zéro du galvanomètre en agissant sur la vis, ou sur la fourche qui est fixée à l'extrémité du spiral de rappel et que l'on voit dès que l'on l'a enlevé le capot du cadran.

Le réglage doit être tel que, le circuit étant sous tension, l'aiguille se trouve placée nettement à gauche du cadran ; toutefois, il ne faut pas exagérer, car si l'on va trop loin sur la gauche, l'équipage mobile perd de sa sensibilité et peut même se coincer.

On enlève ensuite le cadran d'origine (deux écrous borgnes) en faisant très attention à ne pas toucher à l'aiguille, et on le remplace par un morceau de bristol découpé et troué exactement à sa forme. Sur ce nouveau cadran, on trace à l'encre un arc de cercle et on le remet en place provisoirement.

On marquera le zéro (circuit sous tension) avec un crayon à mine très pointue ; ce zéro doit bien entendu se trouver exactement à l'aplomb de l'aiguille ; les autres graduations, de 0,2 en 0,2 daN, seront tracées avec la même précision. Il faut ensuite ôter le cadran, passer les graduations à l'encre, effacer le tracé préalable au crayon et remettre définitivement le cadran en place.

Le peson électronique est maintenant terminé ; cela n'empêche pas de lui apporter de nombreuses améliorations portant aussi bien sur l'électronique que sur la mécanique. Et répétons aussi que cet instrument mesure des poids, c'est-à-dire des forces, et non des masses : contrairement à la balance, et, à juste raison, il donnera sur la Lune des indications différentes de celles qu'il donne sur la Terre.

**Renaud de La Taille**  
Modèle Pierre Courbier

# Une "sono" pour Walkman !

## ÉLECTRONIQUE AMUSANTE

**S**i vous êtes un lecteur assidu de notre mensuel, il est vrai qu'en 1977, quand cette rubrique a vu le jour, nous n'avions nullement promis dans ces lignes de décrire et, qui plus est, de proposer le montage d'une chaîne hi-fi. Cependant, l'électronique et vous, du moins nous le pensons au vu du courrier que vous nous faites régulièrement parvenir, ayant aujourd'hui beaucoup progressé, nous vous proposons donc de réaliser ce mois-ci un amplificateur dont les performances n'ont rien à envier à celles de bien des appareils disponibles sur le marché. Certes, il est simplifié au maximum. Toutes les "astuces" électroniques, en ce qui concerne l'amplification dite de puissance, ont été ici employées... pour diminuer son coût de fabrication. Il n'en reste pas moins vrai que notre "ampli de sono" sera capable de délivrer une puissance de 30 watts efficaces par canal, avec une distorsion n'excédant pas les 2% ; des contraintes mesurables qui permettent à certains constructeurs d'annoncer 70 watts en puissance "musicale". Ce dernier terme n'a d'ailleurs que peu de choses à voir avec la musique ; il ne s'agit ici, en fait, que d'une puissance "gonflée", correspondant au fonctionnement de l'amplificateur en saturation totale, donc pratiquement en signaux carrés et, par voie de conséquence, avec un taux de distorsion n'ayant plus rien à voir avec quelque norme que ce soit. Une notion encore mal comprise hélas ! du public et qui permet de vendre n'importe quoi à n'importe quel prix... Pour un amplificateur, seuls deux paramètres sont effectivement à prendre en ligne de compte : sa puissance efficace (souvent exprimée en watts RMS) et le taux de distorsion à la puissance indiquée. Dans le cas d'un amplificateur haute fidélité, ce dernier doit impérativement rester inférieur à 0,5%, quelle que soit la puissance demandée à l'amplificateur (de 0 aux x watts prétendus), et ce sur une plage de fréquences comprises entre 20 Hz et 20 KHz. Des normes

que tiennent la majeure partie des appareils dits de salon, mais que peu de "boosters" pour autoradio tiennent.

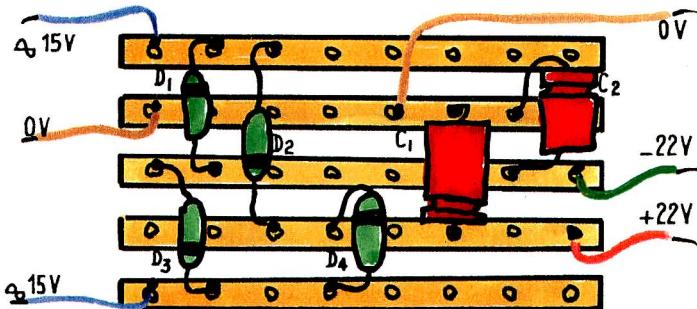
Ces quelques précisions apportées, passons maintenant à l'étude de notre amplificateur. Sur la sortie casque d'un baladeur, la tension disponible n'excède pas 2 ou 3 volts. Il nous faudra donc en premier lieu l'amplifier. Pour cela, nous utiliserons un circuit intégré du type 741. Il s'agit d'un amplificateur opérationnel tout à fait courant. Cependant, si ce dernier fait merveille en ce qui concerne l'am-

transistors de puissance montés en "push-pull". Notons ici que, comme notre montage est alimenté en mode symétrique, c'est-à-dire par deux tensions de valeur égale, mais de signe opposé par rapport au 0-volt, il ne sera pas nécessaire d'utiliser de condensateur de liaison entre sortie de l'amplificateur et haut-parleur. Cela nous amène, tout naturellement, à parler de l'alimentation. Etant donné la puissan-

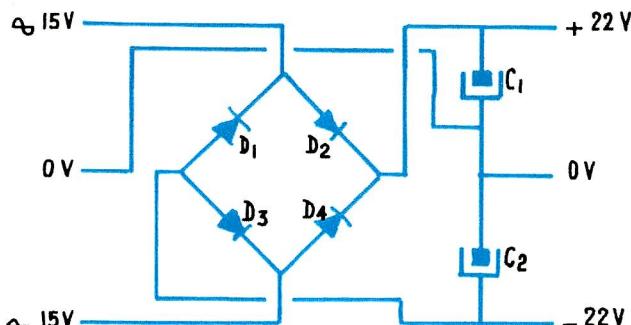
### NOMENCLATURE ALIMENTATION

$D_1 = D_2 = D_3 = D_4 = \text{IN } 4004$   
 $C_1 = C_2 = 4\ 700\ \mu\text{F} 25\ \text{V}$   
 Transformateur : 220 V - 2 x 15 V 50 VA

### IMPLANTATION DES COMPOSANTS-ALIMENTATION



### SCHÉMA ÉLECTRIQUE-ALIMENTATION



plification de tension, il n'est, en revanche, absolument pas en mesure de fournir la puissance nécessaire au fonctionnement des haut-parleurs. Pour assurer cette tâche, nous lui adjoindrons donc deux

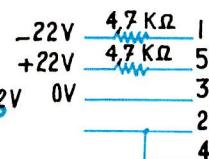
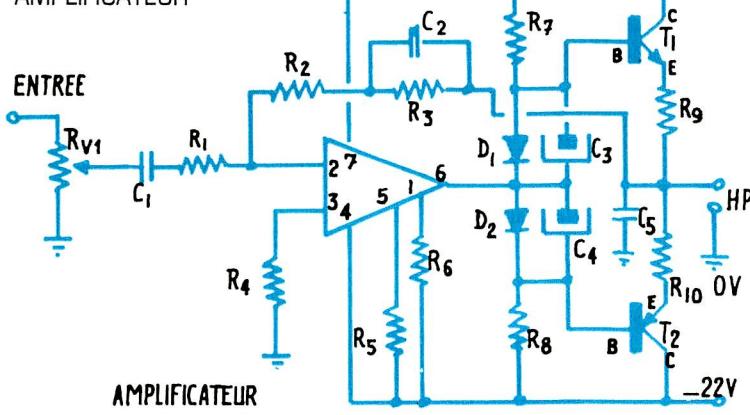
ce mise en jeu, il est hors de question d'alimenter cette réalisation à partir de piles, à moins que vous n'ayez prévu un budget conséquent à leur consacrer. Le cœur de notre alimentation sera un transforma-

teur 220 volts/2 x 15 volts 50 VA. Le câblage de son primaire devra être réalisé avec grand soin et surtout correctement isolé dès les soudures réalisées. N'oublions pas qu'ici le secteur est présent ; toutes les précautions d'usage seront donc à prendre. Au niveau du secondaire, le point commun aux deux enroulements sera directe-

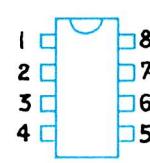
### NOMENCLATURE AMPLIFICATEUR

$R_1 = R_4 = 22\text{ k}\Omega$  (rouge, rouge, orange, or)  
 $R_2 = R_3 = 470\text{ k}\Omega$  (jaune, violet, jaune, or)  
 $R_5 = R_6 = R_7 = R_8 = 4,7\text{ k}\Omega$  (jaune, violet, rouge, or)  
 $R_9 = R_{10} = 0,22\Omega 2\text{ W}$   
 $R_{V1}$  = potentiomètre 22 k $\Omega$   
 $C_1 = C_2 = C_5 = 0,47\text{ }\mu\text{F}$   
 $C_3 = C_4 = 100\text{ }\mu\text{F }16\text{ V}$   
 $I_C = \mu\text{A }741$   
 $D_1 = D_2 = \text{IN }4148$   
 $T_1 = \text{MJ }3000$   
 $T_2 = \text{MJ }2501$   
 HP = 2 x 432 30 W (type autoradio montés en parallèle)  
 1 radiateur pour 2 boîtiers TO3  
 2 kits d'isolation TO3

### SCHÉMA ÉLECTRIQUE-AMPLIFICATEUR



BROCHAGE DE LA FICHE DIN "EXTENTION"



BROCHAGE DE  $T_1$  ET  $T_2$

ment relié au 0-volt. Leurs autres extrémités seront reliées à 4 diodes montées en pont. Enfin, deux condensateurs permettront de réguler les tensions ainsi obtenues, à savoir environ + 22 et - 22 volts.

Etant donné le faible nombre de composants de notre réalisation, son câblage ne doit pas poser de problème particulier. Il faudra cependant prendre soin de bien couper l'ensemble des bandes conduc-

trices de la plaque de câblage sous le circuit intégré ainsi qu'aux emplacements indiqués sur le schéma. Seul petit point délicat : le montage des transistors de puissance sur le radiateur. Il ne faudra

pas oublier de les munir d'un "kit d'isolation" et de vérifier sa bonne mise en place. Aucun contact électrique ne devra être établi entre le boîtier métallique des transistors et le radiateur sous peine de mettre l'alimentation en court-circuit et de provoquer sa destruction à plus ou moins court terme. Si tel était le cas, notre amplificateur serait incapable de fonctionner.

Les explications et les schémas que nous vous proposons ne concernent qu'une voie. Dans le cas d'une réalisation stéréophonique il faudra donc réaliser deux montages identiques. Quel que soit votre choix, vous devrez toujours utiliser une fiche "jack" stéréo pour le raccordement de notre montage à votre baladeur. Dans le cas d'une réalisation monophonique, les

## OÙ SE PROCURER LES COMPOSANTS?

△ MAGNETIC FRANCE, 11 place  
de la Nation, 75011 Paris, tél. (1)  
43 79 39 88

△ PENTASONIC, 10 boulevard Arago, 75013 Paris, tél. 43 36 26 05.

△ T.S.M., 15 rue des Onze-Arpents,  
95130 Franconville, tél. 34 13 37 52.

△ URS MEYER ELECTRONIC,  
2052 Fontainemelon Suisse

△ Ces composants sont également disponibles chez la plupart des revendeurs régionaux.

deux contacts extrêmes de la fiche seront reliés entre eux. Pour la stéréo, chacun de ces derniers correspondra à un canal. Enfin, si nous avons choisi ici un baladeur comme source il ne s'agit que d'un exemple. En effet, notre amplificateur pourra tout aussi bien être raccordé à la fiche haut-parleur d'un tourne-disque ou à la sortie "ligne" d'un magnétophone ou d'une chaîne hi-fi. Un potentiomètre permet de modifier la sensibilité de ce montage et il pourra donc s'adapter à presque tous les cas de figure. De plus, nous avons prévu une fiche "extentions", qui ne vous sera d'aucune utilité pour l'instant mais qui permettra, dans le futur, d'utiliser ce montage de manière autonome pour d'autres applications.

Henri-Pierre Penel

# Des galaxies à foison

## JOURNAL DE L'ASTRONOME

**L**es spectacles astronomiques sont encore nombreux en ce mois de mai. Dès le 2, une belle occultation nous est offerte par la Lune. C'est à 23 h 59, heure légale, qu'un premier quartier de lune, âgé d'un jour, occultera presque en même temps deux étoiles de la constellation du Lion, nommées Regulus et 19. Ces étoiles sont de magnitude 5 et 6,4 et elles disparaîtront par le bord sombre de la Lune, donc une condition favorable, même pour les observateurs débutants. A suivre aux jumelles, ou mieux avec un petit instrument et un grossissement de 40 à 70 fois.

A cette occasion, on pourra peut-être observer quelques étoiles filantes de l'essaim des Eta-Aquarides. Cet essaim, dont l'origine semble liée à la comète de Halley, est actif du 21 avril au 12 mai, avec un maximum le 5. La magnitude moyenne des météores est de 2,4, avec environ 50 météores à l'heure et souvent quelques belles traînées persistantes.

Noton, bien que la planète soit inaccessible à la majorité des amateurs, l'opposition de Pluton le 7. Elle atteindra alors la magnitude de 13,6 et sera à sa plus courte distance à la Terre de ce siècle avec tout de même 4,290 milliards de kilomètres !

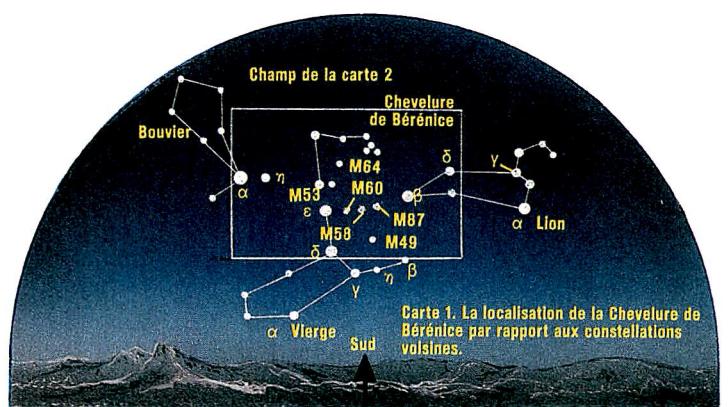
Le 11, autre occultation intéressante du mois. Cette fois, il s'agit de Pi du Scorpion, de magnitude 3. L'étoile disparaîtra au bord éclairé de la Lune à 0 h 06, pour réapparaître au bord sombre à 1 h 24. L'observation sera un peu plus délicate

à suivre que la précédente, en raison du fort éclat de la Lune, qui aura été pleine un jour auparavant.

La seconde quinzaine du mois nous apporte son lot de conjonctions et de rapprochements, en commençant le 15 (*figure 1*) par la Lune et Saturne, puis le 19 par la Lune et Mars (*figure 2*) et, enfin, le 21 par la Lune et Vénus (*figure 3*). Toutes ces observations sont à suivre aux jumelles le matin, vers 5 heures légales, juste avant le lever du Soleil. Le 26, ce sera au tour de Jupiter d'être à côté de notre satellite, mais ce rapprochement sera observé vers 23 heures légales (*figure 4*).

Enfin, le dernier jour du mois, le 31, vers 5 h 45, il y aura une petite chance d'apercevoir, quelques minutes avant le lever du Soleil, la planète Mercure, qui sera à son élongation ouest maximale. Du côté des observations planétaires, c'est toujours Jupiter qui, bien que se couchant de plus en plus tôt, occupe le début de soirée. Il faut ensuite attendre le milieu de la nuit pour contempler Saturne, puis Mars et Vénus. Fin croissant lunaire et lumière cendrée seront au rendez-vous du 21 au 23, puis en soirée du 25 au 27.

La vedette de mai est, sans conteste possible, la comète Austin, dont on suivra l'évolution et la baisse progressive d'éclat au travers des constellations d'Andromède, de Pégase, du Dauphin, de l'Aigle, de l'Ecu et du Sagittaire. Le **tableau I** indique, comme pour le mois précédent, la position en

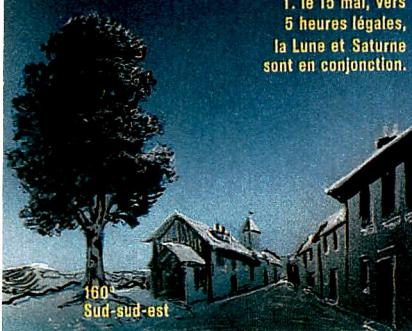


Saturne



Lune

1. le 15 mai, vers 5 heures légales, la Lune et Saturne sont en conjonction.



160°  
Sud-sud-est



Lune

Mars

2. Le rapprochement de la Lune et de Mars est visible le 19 mai, vers 5 heures légales, vers l'est-sud-est.



Est-sud-est

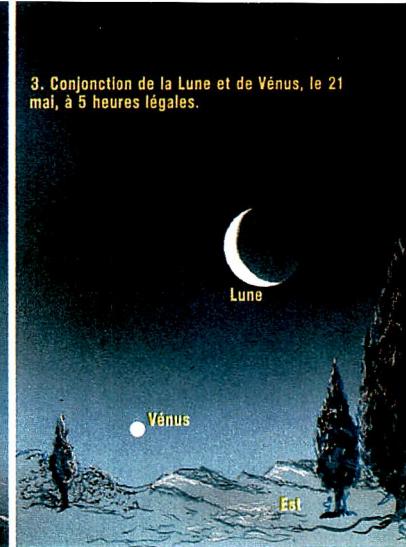


Lune

Vénus

Est

3. Conjonction de la Lune et de Vénus, le 21 mai, à 5 heures légales.



liards d'autres dans l'Univers.

Ce que nous apprend l'astronomie contemporaine, c'est que ces galaxies ne se distribuent pas au hasard dans l'Univers. Comme les étoiles, elles ont tendance à se grouper en amas de plusieurs dizaines, voire de plusieurs centaines, de galaxies. Notre galaxie, par exemple, fait partie d'un amas dit amas local, qui compte une trentaine de membres.

La région de la Chevelure de Bérénice est riche en galaxies et même en amas de galaxies ! Le plus important, nommé Coma, du nom latin de la constellation, comprend plus de 30 000 galaxies rassemblées sur un diamètre apparent de 6 degrés seulement. Cet amas est situé à plus de trois cents millions d'années-lumière et s'étend dans la réalité sur un diamètre

coordonnées équatoriales, ce qui facilitera sa localisation sur une carte céleste.

**La quinzaine stellaire.** La pleine lune a lieu ce mois-ci le 9. L'observation du ciel profond n'est pas possible durant les deux semaines qui entourent cette date. En revanche, du 16 au 31, notre satellite ne gênera pas l'observation des amas, des nébuleuses et des galaxies, notamment en première partie de nuit.

En tenant compte du crépuscule, c'est vers 23 heures qu'un ciel bien noir nous permettra de contempler une région du ciel que nous n'avons pas explorée jusqu'ici : la Chevelure de Bérénice.

Cette constellation est généralement peu connue des amateurs ; il faut dire que, d'une étendue de 386 degrés carré, elle ne compte pas parmi les plus grandes et, de plus, ne dénombre pas d'étoiles brillantes ; Alpha, la plus lumineuse, n'est que de magnitude 4,5 !

C'est Tycho Brahé qui, en 1590, fait figurer pour la première fois la Chevelure de Bérénice comme constellation séparée et portant son nom en entier. Jusque-là, elle était considérée comme une extension de sa prestigieuse voisine : le Lion. Nous devons de connaître l'origine de son nom à Cattule, le poète latin qui chanta son histoire un demi-siècle avant notre ère.

Situé entre Arcturus du Bouvier et le Lion (*carte I*), cet ensemble d'étoiles peu brillantes n'avait toujours pas de nom lorsque, en 245 avant Jésus-Christ, Bérénice vit son mari, le roi Ptolémée Evergète, partir à la guerre pour combattre le roi de Syrie. Inconsolable, elle jura

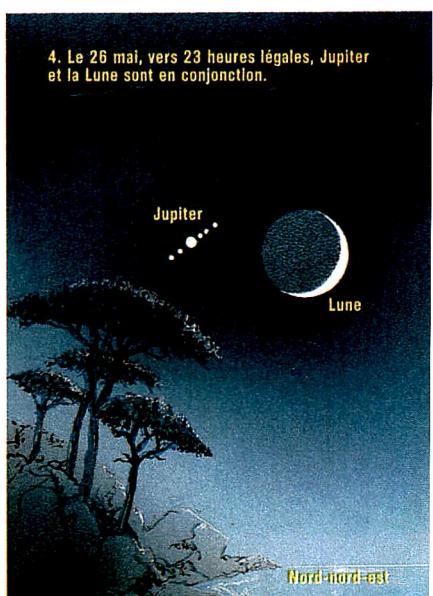
à Vénus de faire le sacrifice de sa magnifique chevelure si son bien-aimé revenait sain et sauf.

Son voeu fut exaucé et, le jour même du retour de Ptolémée, elle porta au temple de Vénus sa chevelure. Hélas ! la nuit suivante, la chevelure fut volée ! Bérénice était désespérée et le roi furieux. C'est un astronome, du nom de Conon, qui, seul, parvint à calmer le courroux des époux. Leur montrant cet amas d'étoiles sans nom, il leur affirma que Vénus, estimant la chevelure d'une beauté sans pareille, l'avait transportée sur la voûte céleste où, désormais, elle brillerait à jamais !

**Structure galactique.** Charnante histoire pour une petite constellation qui mérite notre attention, en raison du grand nombre de galaxies qui s'y trouvent.

Rappelons aux débutants qu'une galaxie est un ensemble gigantesque d'étoiles. Ainsi, toutes les étoiles que nous observons à l'œil nu ou avec le télescope le plus puissant forment un ensemble qui a, *grossost modo*, la forme d'une lentille biconvexe. Cet ensemble est nommé la Galaxie avec une majuscule. Les chiffres sont éloquents : notre Galaxie mesure 100 000 années-lumière de diamètre pour environ 30 000 d'épaisseur au centre et c'est environ 150 milliards d'étoiles qui la constituent. Notre système solaire est situé en périphérie de l'ensemble et, lorsque nous portons notre regard dans le sens du disque de la lentille, nous apercevons une plus grande concentration d'étoiles que nous appellerons la Voie lactée. Pourtant, notre galaxie n'a rien d'exceptionnel ; il en existe des millions et des mil-

4. Le 26 mai, vers 23 heures légales, Jupiter et la Lune sont en conjonction.



Jupiter

Lune

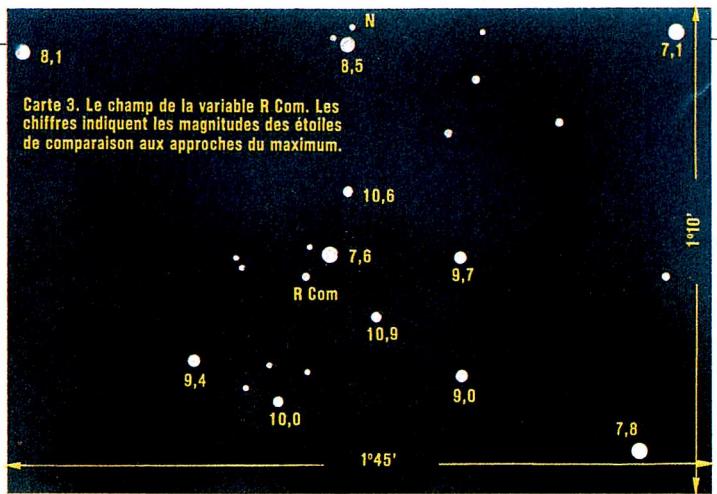
Nord-nord-est

**1. POSITION  
DE LA COMÈTE AUSTIN 1989  
C<sub>1</sub> À 0 HEURE TU**

DATE	ASC. DROITE	DÉCLINAISON
29 avril	0 h 13, 43 mn	+35°39'5
4 mai	23 h 44, 29 mn	+34°35',7
9 mai	23 h 09, 50 mn	+32°09',7
14 mai	22 h 25, 02 mn	+27°34',8
19 mai	21 h 26, 31 mn	+19°16',3
24 mai	20 h 12, 72 mn	+ 5°53',3
29 mai	18 h 54, 43 mn	- 9°32',2
3 juin	17 h 47, 28 mn	-21°00',7
8 juin	16 h 58, 00 mn	-27°31',8

## **2. PRINCIPALES GALAXIES DE LA CHEVELURE DE BÉRÉNICE**

NUMÉRO	MAGNITUDE	DIAMÈTRE en sec./arc	ALPHA	DELTA
M98	10.7,	$8.4 \times 1.7$	12 h 11	$15^{\circ}11'$
NGC 4251	10.2	$2.3 \times 0.8$	12 h 15	$28^{\circ}27'$
M99	10.1	$4.6 \times 3.9$	12 h 16	$14^{\circ}42'$
NGC 4274	10.8	$6.7 \times 1.3$	12 h 17	$29^{\circ}53'$
NGC 4278	10.3	$1.4 \times 1.3$	12 h 20	$30^{\circ}10'$
NGC 4314	10.8	$3.1 \times 2.9$	12 h 20	$16^{\circ}06'$
M100	10.6	$5.3 \times 4.5$	12 h 20	$16^{\circ}06'$
M85	9.3	$2.1 \times 1.7$	12 h 22	$18^{\circ}28'$
NGC 4414	9.7	$3.3 \times 1.5$	12 h 24	$31^{\circ}30'$
NGC 4450	10.0	$3.0 \times 2.5$	12 h 26	$17^{\circ}21'$
NGC 4459	10.9	$1.2 \times 1.0$	12 h 26	$14^{\circ}15'$
NGC 4477	10.7	$2.4 \times 2.2$	12 h 27	$13^{\circ}55'$
NGC 4494	9.6	$1.3 \times 1.2$	12 h 29	$26^{\circ}03'$
M88	10.2	$5.5 \times 2.4$	12 h 30	$14^{\circ}42'$
NGC 4548	10.8	$3.7 \times 3.2$	12 h 33	$14^{\circ}46'$
NGC 4559	10.6	$11.0 \times 4.5$	12 h 33	$28^{\circ}14'$
NGC 4565	10.2	$14.4 \times 5.5$	12 h 34	$26^{\circ}16'$
NGC 4725	8.9	$10.00 \times 5.5$	12 h 48	$25^{\circ}46'$
M64	8.8	$6.5 \times 3.3$	12 h 54	$21^{\circ}57'$



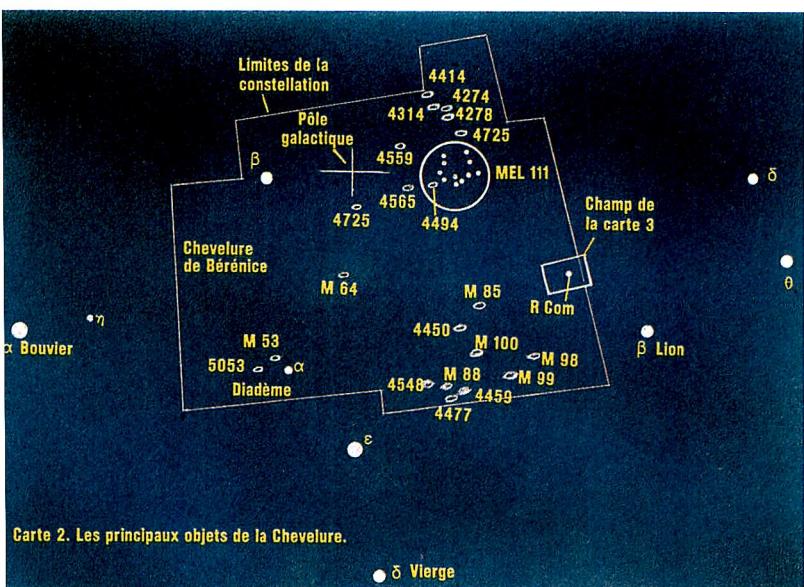
d'environ vingt millions d'années-lumière. C'est, à l'heure actuelle, un des amas les plus importants connus. Hélas ! pour l'amateur, la plupart de ces galaxies sont faibles et ne peuvent être observées qu'avec des télescopes de grand diamètre. Citons toutefois NGC 4889, de magnitude 13, observable avec un 250 mm par ciel noir.

Mais la constellation renferme d'autres trésors (*carte 2*). Vers le sud, à la limite de la Vierge, se situe une concentration de galaxies appartenant en fait à un amas de galaxies voisin, précisément celui de la Vierge. Cet amas, moins important que le précédent, comprend tout de même un millier de membres, mais l'amas de la Vierge est plus proche à "seulement" une cinquantaine de millions d'années-lumière. Un télescope d'amateur de 20 centimètres permet d'observer une centaine de galaxies. Impossible donc de toutes les décrire. Le *tableau 2* donne cependant la liste des plus intéressantes avec leurs caractéristiques.

#### **Autres joyaux de la Chevelure.**

L'étoile principale de la constellation, Alpha, est aussi appelée le Diadème. C'est une double dont les deux composantes gravitent l'une autour de l'autre en vingt-cinq ans et dix mois, à une distance de dix unités astronomiques, ce qui représente à peu près la distance Soleil-Saturne. L'écartement apparent des composantes varie donc assez rapidement et le dernier "maximum" a eu lieu en 1981, avec 0,9 seconde d'arc.

R Com est une étoile variable du type Mira Céti. Elle varie de la magnitude 7,3 à 14,6 en trois cent soixante-sept jours.



#### **Carte 2. Les principaux objets de la Chevelure.**

xante-deux jours. Son dernier maximum d'éclat s'est produit au début de cette année. Etoile à suivre donc pour assister à son prochain maximum au début 1991 (*carte 3*).

La majorité des étoiles de la constellation se trouvent concentrées dans un amas, Mel 111, du nom du catalogue de l'astronome Melotte. C'est un amas ouvert dont la magnitude moyenne est estimée à 3. Une trentaine d'étoiles sont visibles pour les amateurs sur la quarantaine qu'il compte. Situé à seulement deux cent cinquante années-lumière, ce qui en fait l'un des plus proches, il a la particularité de ne pas compter d'étoiles géantes.

M53 est un lointain amas globulaire, à plus de vingt-cinq mille années-lumière, se trouvant à environ 1° au nord-est d'Alpha. Grâce à sa magnitude de 7,6, il est aisément repérable aux jumelles par ciel bien noir en campagne. Un télescope de 115 mm permet de noter un centre plus brillant et une zone extérieure granuleuse. Cet amas, qui est l'un des plus vieux que nous connaissons dans notre galaxie, se dirige vers nous à la vitesse de 112 km/s ; il lui reste quand même soixante mille années-lumière à parcourir.

A un degré sud-est de M53, William Herschel découvrit en 1784 un amas globulaire portant aujourd'hui le numéro NGC 5053. Formé de 3 400 étoiles, ce qui est peu pour un globulaire, il atteint la magnitude 10,5, mais nécessite, en raison de sa faible dimension apparente, un télescope de 15 à 20 cm de diamètre.

Avant de quitter cette constellation, qui est une véritable fenêtre ouverte sur l'infini, signalons que le pôle céleste de notre galaxie se situe presque exactement à l'emplacement de l'amas Coma. Ce pôle galactique est le point virtuel autour duquel l'ensemble des 150 milliards d'étoiles de notre galaxie semblent tourner. Notre Soleil, comme les autres étoiles, accomplit ce tour de la galaxie en une durée de temps nommée année galactique ; il met pour cela... deux cent cinquante millions d'années.

**Yves Delaey**

Pour observer les galaxies : *Astronomie du ciel profond*, de Serge Brunier. En vente à la Maison de l'Astronomie, 33 rue de Rivoli, 75004 Paris. 160 F francs.

# En attendant la demi-finale

## JEUX MATHÉMATIQUES

**A** l'heure où ces lignes paraissent, les demi-finales du championnat de France n'ont pas encore eu lieu, puisqu'elles se dérouleront le 28 avril de 14 heures à 17 heures dans plus de soixante-dix villes. Nous ne pouvons donc vous en dévoiler les épreuves. Nous nous contenterons de vous inviter à vous installer devant votre Minitel, 3615 JEULOGIC, le 28 avril. Tout le monde peut en effet jouer avec les demi-finalistes en temps réel ; par la suite, vous pourrez accéder à la consultation d'une partie des questions et de la liste des finalistes. D'autres questions paraîtront dans *Science & Vie* le mois prochain.

L'actualité de mai, c'est aussi la préparation de la finale, le 7 juillet, à la Villette. Comme les autres années, les non-finalistes pourront, s'ils le désirent, participer au concours parallèle, sur place ou sur Minitel. Si vous souhaitez être présent à la Cité, vous pouvez, dès maintenant, demander les formulaires d'inscription à la FFJM (31, avenue des Gobelins, 75013 Paris ; tél. : 47 07 51 15). On y propose même, pour les provinciaux, des formules d'hébergement.

La FFJM présentera lors de la finale, à la Cité des sciences, son exposition itinérante sur les jeux mathématiques, complétée de nouveaux panneaux et de manipulations. Elle sera donc alors fin prête pour circuler en France et à l'étranger. Si vous êtes responsable de municipalité, d'établissement scolaire, de centre culturel, etc., et que vous êtes intéressé par l'accueil de cette exposition pendant deux semaines, vous pouvez d'ores et déjà la retenir auprès de la FFJM. Cette exposition a déjà circulé en avant-première dans plusieurs villes. Elle était présente en particulier dès la fin du mois de janvier à Chantonnay, une petite ville de l'Ouest, qui a organisé le championnat de Vendée des Jeux mathématiques (les meilleurs participants étaient qualifiés pour le championnat de France). Une ville entière s'est ainsi mise à l'heure



des mathématiques. D'ailleurs, voici le (difficile) jeu-problème d'éliminatoires de cette épreuve, qui a donné bien du mal aux concurrents.

Inspiré de "la fraction du Bicentenaire", qui a marqué le championnat 1989, ce problème cherche toujours une solution élégante, différente d'une simple programmation algorithmique. Serez-vous celui qui la découvrira ?

### A en perdre la voix

Lundi, je reçois mon journal en piteux état. J'aurais bien aimé prendre connaissance du résultat des élections de ma commune (qui a moins de 1 000 électeurs), mais seuls sont restés lisibles le pourcentage des suffrages exprimés par rapport au nombre d'électeurs et le pourcentage des voix obtenues par Anselme Lemaire par rapport au nombre des suffrages exprimés.

Le premier pourcentage est de 80,13 % et le second de 44,28 % (ces pourcentages sont arrondis).

Quel est le nombre d'électeurs de la commune ?

(Il y a deux solutions.)  
**Gilles Cohen** 155

# Mots en vrac

## INFORMATIQUE AMUSANTE

**L**e programme que nous vous proposons ce mois-ci se situe à la frontière entre le ludique et l'éducatif. Son but est d'afficher à l'écran des mots, mais cela en modifiant la position des lettres. L'intérêt du jeu sera donc de découvrir le mot proposé en un temps imparti. Précisons qu'au départ le dictionnaire de mots de ce programme est vide. Cela présente l'avanta-

ge de pouvoir y loger des mots simples, et des mots plus compliqués. En premier lieu, nous établirons donc les dimensions d'un tableau. C'est dans ce dernier que sera mémorisé le dictionnaire. Ensuite nous trouverons, tout naturellement, une routine de saisie des mots. Il sera ici possible de mémoriser jusqu'à cent mots différents. Pour cela, ils seront frappés au clav-

vier lettre par lettre, puis validés en tapant ENTER. Précisons que si moins de cent mots sont à mémoriser il sera possible d'abandonner cette routine de saisie en tapant directement ENTER ; saisie d'un "mot vide". Une fois le dictionnaire ainsi rempli, le jeu pourra débuter. Un premier tirage aléatoire permettra au programme de déterminer au hasard quel mot sera proposé. Un second tirage aléatoire permettra de mélanger l'ordre des lettres lors de l'affichage du mot. Dès celui-ci proposé, le décomptage du temps imparti commencera. Simultanément, une seconde routine de saisie des touches frappées sera

```

10 MODE 1:CLEAR
20 REM *****
30 REM *
40 REM * TABLEAU DICTIONNAIRE *
50 REM *
60 REM *****
70 DIM D$(25, 100)
80 REM *****
90 REM * *
100 REM * TABLEAU LONGUEUR MOTS *
110 REM * *
120 REM *****
130 DIM L(100)
140 REM *****
150 REM * *
160 REM * TABLEAU TIRAGE ALEAT. *
170 REM * *
180 REM *****
190 DIM X(25)
200 REM *****
210 REM * *
220 REM * TABLEAU REPONSE *
230 REM * *
240 REM *****
250 DIM R$(25)
260 REM *****
270 REM * *
280 REM * INIT. DICTIONNAIRE *
290 REM * *
300 REM *****
310 LET M=1: LET R=1
320 REM *****
330 REM * *
340 REM * PAGE DE PRESENTATION. *
350 REM * *
360 REM *****
370 CLS
380 LOCATE 1,5:PRINT "REmplissage du dictionnaire:"
390 LOCATE 1,7:PRINT ."FRAPPEZ CHAQUE MOT
PUIS LE"
400 LOCATE 1,9:PRINT "VALIDER EN TAPPANT
'ENTER'."
410 LOCATE 1,13:PRINT "POUR PASSER AU JE
U TAPPER"
420 LOCATE 1,15:PRINT "DIRECTEMENT 'ENTE
R'."
430 LOCATE 1,20:PRINT "MOT EN COURS:"
440 REM *****

450 REM *
460 REM * SAISIE DU DICTIONNAIRE. *
470 REM *
480 REM *****
490 LET K$=UPPER$(INKEY$)
500 IF K$="" THEN GOTO 490
510 IF ASC(K$)=13 THEN GOTO 550
520 LET D$(R,M)=K$
530 LET R=R+1:IF R=26 THEN GOTO 550
540 LOCATE 13+R,20:PRINT K$:GOTO 490
550 LOCATE 14,20:PRINT "
560 LET L(M)=R-1
570 IF ASC(K$)=13 AND R=1 THEN GOTO 650
580 LET M=M+1:LET R=1
590 GOTO 490
600 REM *****
610 REM * *
620 REM * DEBUT DE JEU *
630 REM * *
640 REM *****
650 CLS:LET TD=M-1
660 LOCATE 1,5:PRINT "VOICI CE QUE JE VO
US PROPOSE:"
670 LOCATE 1,15:PRINT "VOTRE REPONSE:"
680 LOCATE 1,17:PRINT "(VALIDER PAR 'ENT
ER')"
690 LOCATE 1,20:PRINT "POUR REVENIR AU M
ENU"
700 LOCATE 1,22:PRINT "FRAPER DIRECTEMEN
T 'ENTER'"
710 REM *****
720 REM * *
730 REM * EFFACEMENT CNT TIRAGE. *
740 REM * *
750 REM *****
760 LET PX=1:FOR E=1 TO 25:LET X(E)=0:NE
XT E
770 REM *****
780 REM *
790 REM * TIRAGE ALÉATOIRE DU MOT *
800 REM * *
810 REM *****
820 LET MC=INT(RND*TD)+1
830 LET LMC=L(MC)
840 REM *****
850 REM * *
860 REM * MELANGE DES LETTRES *
870 REM * *
880 REM *****

```

utilisée. Ici encore, il suffira de le frapper au clavier puis de le valider par ENTER. Si ce dernier correspond effectivement à celui proposé l'ordinateur donnera une "note", fonction du temps nécessaire à sa découverte, puis proposera un nouveau mot. En cas contraire, le commentaire "CE N'EST PAS LE MOT PROPOSÉ" s'affichera et, si le crédit de temps de jeu n'est pas épuisé, il sera alors possible de frapper un autre mot.

Ici encore, pour interrompre le déroulement du jeu, il suffira de taper directement ENTER. Trois possibilités seront offertes : effacer le dictionnaire et recommencer

sa saisie, ajouter des mots au dictionnaire ou enfin reprendre la partie. Le choix sera déterminé en taping le numéro de l'option choisie.

La frappe de ce programme ne doit pas poser de problème particulier. Mis au point sur Amstrad 464, le basic utilisé ici est presque standard. Seules les instructions MODE et LOCATE X,Y peuvent appeler à des modifications. Rappelons que MODE permet simplement de modifier le nombre de caractères affichés par ligne d'écran (20, 40 ou 80 colonnes) et que LOCATE est utilisé pour adresser le curseur, c'est-à-dire pour déterminer l'emplacement où s'effectuera

l'affichage. Les équivalents les plus courants de LOCATE sont HTAB, VTAB, PRINT AT, etc.

L'utilisation de ce programme est également très simple, après l'avoir entièrement tapé RUN sera demandé. Il suffira alors de se laisser guider par les commentaires présentés sur l'écran pour l'utiliser. Dernier petit point, peut-être, la touche ENTER. Ici encore son appellation peut varier d'une machine à l'autre. Sur l'Amstrad 464, c'est celle qui permet d'entrer les lignes de programme. Sur d'autres appareils elle est parfois dénommée NEW LINE, CR, VALIDATION ou ENTRÉE.

**Henri-Pierre Penel ▲**

```

890 LET CT=0
900 LET TX=INT(RND*LMC)+1
910 FOR CX=1 TO LMC
920 IF TX=X(CX) THEN LET CT=1
930 NEXT CX
940 IF CT=1 THEN GOTO 890
950 LET X(PX)=TX
960 LOCATE PX,7:PRINT D$(TX,MC)
970 LET PX=PX+1:IF PX=LMC+1 THEN GOTO 10
40
980 GOTO 890
990 REM ****
1000 REM * *
1010 REM * INIT. CHRONOMETRE *
1020 REM * *
1030 REM ****
1040 LET CRH=1000
1050 LET U=1
1060 REM ****
1070 REM * *
1080 REM * INIT. TABLEAU REPONSE *
1090 REM * *
1100 REM ****
1110 FOR I=1 TO 25
1120 LET R$(I)=""
1130 NEXT I
1140 REM ****
1150 REM * *
1160 REM * SAISIE REPONSE *
1170 REM * *
1180 REM ****
1190 LET K$=UPPER$(INKEY$)
1200 LOCATE 1,1:PRINT CRH
1210 LET CRH=CRH-4:IF CRH=-4 THEN GOTO 1
690
1220 IF K$="" THEN GOTO 1190
1230 IF ASC(K$)=13 THEN GOTO 1270
1240 LET R$(U)=K$
1250 LET U=U+1:IF U=26 THEN LET U=25
1260 LOCATE 15+U,15:PRINT K$:GOTO 1190
1270 IF ASC(K$)=13 AND U=1 THEN GOTO 150
0
1280 REM ****
1290 REM * *
1300 REM * CONTROLE DE LA REPONSE. *
1310 REM * *
1320 REM ****
1330 LET CR=0
1340 FOR Z=1 TO LMC
1350 IF D$(Z,MC)<>R$(Z) THEN LET CR=1
1360 NEXT Z
1370 IF CR=0 THEN GOTO 1410
1380 LOCATE 1,3:PRINT "CE N'EST PAS LE M
OT CHOISI!"
1390 LOCATE 15,15:PRINT "
"
1400 GOTO 1050
1410 LOCATE 1,9:PRINT "BRAVO!"
1420 LOCATE 1,11:PRINT "POUR UN AUTRE ES
SAI TAPEZ UNE TOUCHÉ"
1430 IF INKEY$="" THEN GOTO 1430
1440 GOTO 650
1450 REM ****
1460 REM * *
1470 REM * MENU DE MODIFICATIONS *
1480 REM * *
1490 REM ****
1500 CLS
1510 LOCATE 10,3:PRINT " ****
***"
1520 LOCATE 10,4:PRINT "*"
*
1530 LOCATE 10,5:PRINT "* MODIFICATIONS
: *"
1540 LOCATE 10,6:PRINT "*"
*
1550 LOCATE 10,7:PRINT " ****
***"
1560 LOCATE 1,15:PRINT "1: EFFACEMENT DU
DICTIONNAIRE"
1570 LOCATE 1,17:PRINT "2: AJOUTER DES M
OTS."
1580 LOCATE 1,19:PRINT "3: REPRENDRE LE
JEU."
1590 LET K$=INKEY$
1600 IF K$<>"1" AND K$<>"2" AND K$<>"3"
THEN GOTO 1590
1610 IF K$="1" THEN GOTO 10
1620 IF K$="2" THEN GOTO 370
1630 IF K$="3" THEN GOTO 650
1640 REM ****
1650 REM * *
1660 REM * CONTROLE TEMPS ECOULE *
1670 REM * *
1680 REM ****
1690 LOCATE 1,9:PRINT "TEMPS DE JEU ECOU
LE!"
1700 GOTO 1420

```

# LIVRES

## Stéphane Deligeorges **FOUCAULT ET SES PENDULES**

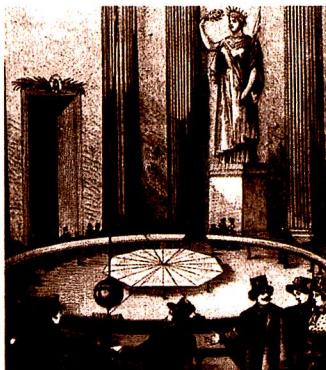
*Carré, dist. Castermann,  
127 p., ill., 98 F.*

Il était temps qu'on remit ce pendule-là à l'heure, alors qu'un ouvrage romanesque et considérable par son volume, consacré au même pendule, défraie la chronique littéraire. Rendons-en grâce à Stéphane Deligeorges. Petit, myope d'un œil, presbyte de l'autre, chirurgien raté, physicien sans réelle culture mathématique, sans appuis académiques, tel est Léon Foucault, 1819-1868, l'homme dont la géniale invention prolonge l'impertinente assertion de Galilée, quelque deux siècles auparavant.

L'homme est loin d'être terne, toutefois ; en attestent ses chroniques scientifiques, d'une belle impertinence. Il commence par s'intéresser à la photo ; celle-ci le mène à l'optique ; l'optique, à la physique. A trente-deux ans, Foucault construit dans sa cave le fameux pendule qui « tourne dans le sens du mouvement diurne de la voûte céleste », note-t-il une nuit de 1861 à 2 h. On en connaît le principe : le mouvement terrestre fait dévier imperceptiblement, à coup d'oscillations, l'attraction gravifique exercée sur une boule de 5 kg pendue à un fil d'acier de 2 m. C'est la preuve de la rotation de la Terre.

Foucault devient en quelques mois universellement célèbre. Il construira plusieurs versions différentes de son pendule, on en construira partout dans le monde, jusqu'à dans les années soixante, où Maurice Allais, récent prix Nobel d'Economie, en construira un à son tour pour prouver que, lors des éclipses de Soleil, il y a modification de l'attraction gravifique (regrettions que Deligeorges n'en parle pas). Expérimentateur hors

pair, Foucault aura découvert les mouvements tourbillonnaires en électricité et il aura eu, peut-être le premier, l'intuition expérimentale du fait que l'"éther", cher aux cosmologues du XIX<sup>e</sup> siècle, n'existe pas et que le vide est plein de matière. Puis il meurt, atteint d'un mal qu'on appelle alors "paralysie progressive" et qui est sans doute plus banal. Nous avons apprécié parti-



culièrement le coup de projecteur donné sur les mœurs scientifiques du temps et en particulier sur l'exécutable vanité d'un homme qui fut pourtant un grand astronome, Le Verrier, mais qui avait le grand tort de s'approprier les découvertes des autres.

D'une parfaite élégance dans l'exposé, concis sans pédanterie, voici une monographie de premier ordre, qui se lit avec un plaisir sans défaut.

Gerald Messadié

## Vadav Pfleger **GUIDE DES COQUILLAGES ET MOLLUSQUES**

*Hatier, 192 p., 103 F.*

Bien illustré. Pour la jeunesse. Mais il y a des ouvrages français bien plus attrayants.

G.M.

Michel Bernon  
**L'AMÉRIQUE MALADE DE SES DÉCHETS**  
*Economica, 136 p., 85 F.*

Il y a dans ce livre un peu trop de conditionnels et de statistiques. Sans doute le sujet est-il hyperdense, quand on songe que chaque Américain produit plus de 24 t de détritus par an... Puis on relève des contradictions à quelques lignes d'intervalle, des retours en arrière qui alourdissent la lecture et des incertitudes déroutantes, l'auteur oscillant entre un certain optimisme et un pessimisme noir. Cela affaiblit les exposés.

Ces critiques faites, le sujet devait être traité et il doit aussi être connu, même s'il n'existe actuellement pas de politique générale de gestion des déchets, en Amérique pas plus que dans le reste du monde. Il faut que le public soit informé de scandales tels que celui de Love Canal, canal désaffecté qu'une compagnie américaine combla, entre 1942 et 1953 de 21 000 t de déchets chimiques toxiques, recouverts de terre arable ; quand des résidents s'y installèrent, ils tombèrent mystérieusement malades. Le scandale effaça le mystère, non les maladies.

L'ouvrage de Bernon est un inventaire géographique et thématique des menaces constituées par l'incohérence dans la gestion des ressources naturelles et des déchets qui les polluent. Peu de nouveautés dans ces menaces : nous savons tous les dangers du trou dans la barrière d'ozone et de l'accumulation de gaz carbonique dans l'atmosphère. Nous connaissons sans doute un peu moins le lien qui pourrait exister entre la maladie d'Alzheimer et les concentrations d'aluminium dans l'eau de boisson.

Mais, et c'est le mérite du livre, nous ignorons le fouillis des lois américaines en la matière, des manières de les contourner et des mesures prises par les présidents américains pour y remédier. Peut-être devrions-nous aussi méditer sur l'exemple funeste d'un peuple qui ouvre le chauffage quand la température descend au-dessous de 20°C et qui met l'air conditionné quand elle monte au-dessus de 22°C. Peut-être devrions-nous éga-

lement méditer sur la manie de l'auto, qui fait que les 8 millions de véhicules de la région de Los Angeles parcourent chaque jour 400 millions de km, mille fois la distance de la Terre à la Lune ! Et qui polluent proportionnellement l'atmosphère. Ce Superman américain tant admiré est bien malade ! Et bien écervelé, car, bien que jouissant d'un niveau de vie comparable, la plupart des pays européens produisent deux fois moins de déchets par tête d'habitant.

Mais ne nous félicitons pas non plus trop vite : nous avons nos problèmes, et les déchets du nucléaire, dont Bernon ne parle pas, ne sont pas les plus négligeables.

Marie-Laure Moinet

"Comment devenir un chef d'entreprise ceinture noire"... Mais cela évoque on ne sait quelles images publiques..."

Gérard Morice

**Sous la direction d'André Bouze  
National Geographic Society  
LA FORÊT TROPICALE**

Albin Michel, 12 p., 140 F.

Cent quarante francs douze pages, cela peut paraître cher : mais il s'agit de pages particulières, qui font surgir, quand on les ouvre, tout un monde en papiers découpés. Dans la forêt tropicale américaine, un ocelot poursuit un papillon, un toucan gobe des baies roses, une harpie (c'est un aigle) fond sur un singe tamarin, les broméliacées recueillent l'eau où se désaltèrent les oiseaux... On peut



tirer sur des languettes, les secrets de la forêt surgissent de sous les feuilles. On peut aussi tourner une roue pour voir défiler les espèces qui peuplent la jungle. C'est là le huitième titre d'une collection didactique pour enfants (que les adultes admireront hypocritement), adapté de l'édition américaine par J. C. Balhouet. Les titres paraissent à la cadence de deux par an. Déjà parus : *les Maisons des animaux*, qui montre comment les animaux s'installent dans leur environnement, *les Animaux d'autrefois*, *les curieux Animaux des mers*, *les Habitants du désert*, *les Drôles de Singes* et *la Parade des animaux*. Ce dernier a été désigné pour un prix Gutenberg, destiné à récompenser les meilleurs ouvrages pour enfants au Salon du livre.

M.-L. M

**Ellen Langer**

**L'ESPRIT EN EVEIL**

Inter Editions, 220 p., 138 F.

Enfin un livre sérieux, pratique et passionnant sur un sujet que les éditeurs, ces derniers temps, inondent de billevesées. Les adeptes de l'épanouissement personnel et de la réussite professionnelle par des pratiques magiques et incantatoires devront s'adresser ailleurs ; ce n'est pas ici qu'ils trouveront leur bonheur. Ellen Langer n'appartient pas à la cohorte fâcheuse des gourous et des sorciers qui se répandent en opuscules oscillant du mystique à la mystification. Elle est professeur de psychologie à l'université Harvard.

Ne pas avoir l'esprit en éveil, quel que soit son âge, c'est se laisser diriger par les préjugés et les conditionnements qui nous font si facilement nous comporter de façon automatique, c'est-à-dire qui ne nous font agir que par et selon la volonté des autres, et dans les strictes limites pour lesquelles ils sont programmés. C'est perdre sa créativité. Se calcifier, devenir monolithique. Et fonctionner en suivant toujours les mêmes règles, les mêmes normes, les mêmes habitudes, nocives et désuètes, mais sacralisées par l'instinct de superstition.

Certes, pareille passivité peut assurer un certain confort intellectuel. Ellen Langer, psychologue, le conteste, recherches et expériences à l'appui. Ce confort implique une image étiquetée de soi, une cruauté involontaire, la perte d'autonomie, l'impuissance dans tous les domaines par échecs répétés, l'amoindrissement des ressources créatives. Un esprit actif, lui, bénéficiera de l'opposé des "inconvénients" que voilà.

L'esprit passif n'est heureusement pas une tare dont on serait irrémédiablement atteint. Pour s'en prémunir, Langer indique les grandes directives et les pistes que chacun a à suivre selon sa personnalité propre : détruire et reformer sans cesse ses cadres de jugement, être ouvert aux nouvelles données, accepter et avoir des points de vue multiples, ne pas considérer les contextes comme immuables ni incontournables, mais savoir qu'on peut les modifier, dépasser les *a priori* débilitants, etc.

Robert Pater

**LES ARTS MARTIAUX ET  
L'ART DU MANAGEMENT**

Albin Michel, 274 p., 130 F.

Oui, nous le savons, nous sommes en situation de guerre économique. De là à recourir aux arts martiaux... Mais il ne s'agit pas là d'utiliser ses mains et ses pieds pour faire jeter au tatami nos adversaires ou ceux qui ne partageaient pas nos opinions. L'auteur rassure : « Parmi tous ceux qui pratiquent les arts martiaux, il y en a qui le font parce qu'ils aiment se battre. En général, au fur et à mesure qu'ils avancent dans leur pratique, leur nature belliqueuse s'estompe. » Alors qu'attendre de ces "exercices" ? L'objectif n'est pas d'exercer sa violence mais, au contraire, de la canaliser pour parvenir à un contrôle de soi parfait, générateur de la véritable puissance.

Car à la base des arts martiaux, il y a d'abord ce contrôle obtenu par une rigoureuse discipline personnelle et aussi, c'en est le prolongement, une capacité à faire face aux changements de situation et à agir et réagir instantanément, sans trouble ni surprise.

L'auteur, d'ailleurs, est à la fois instructeur d'arts martiaux et conseiller en organisation, et il assure avoir déjà conquis à ses "séminaires karaté" d'importantes et internationales sociétés. Pourquoi pas ?

L'ouvrage n'ennuie pas : témoin le titre du premier chapitre

L'auteur offre des orientations, pas des solutions toutes faites et définitives, car ce serait là retomber dans le piège des normes et des règles qu'elle s'emploie précisément à détruire. Son ouvrage est pourtant pratique, riche en anecdotes, recherches et exemples. En ce sens, il mériteraient mieux que beaucoup d'autres le qualificatif de "guide" qu'il fuit. A conserver à portée de main.

G. Mo.

**Sous la direction de  
Jean Bernard, Marcel Bessis et  
Claude Debru**

**SOI ET NON-SOI**

*Seuil, 311 p., 120 F.*

L'objet général de ce livre est la biologie et la définition d'une notion biologique, celle du Moi. La forme est celle des dialogues ou, plutôt, multilogues. Mais au cours des conversations à bâtons rompus entre des esprits aussi alertes que ceux d'Etienne Baulieu, de Jean Bernard, de Jean Dausset et de bien d'autres apparaissent des dérivés sur l'immunité, le langage, la conscience, voire l'histoire. L'intérêt réside, en bonne partie, dans les digressions et les spéculations. Témoin celle de Marcel Bessis, qui dit : « L'ADN n'est qu'un programme. Un programme peut être confié à un ordinateur. On peut donc concevoir de transmettre à un ordinateur tel programme d'ADN et que celui-ci suffirait à l'ordinateur pour mettre ensemble les molécules, les acides aminés, voire les atomes, et reconstruire le tout. Avec le programme sous forme d'ADN ou de caractères imprimés, et les matières premières, je ne vois pas ce qui, théoriquement, s'opposerait à la résurrection des corps. » A quoi Jean Bernard répond : « C'est la version athée de la résurrection des corps. » On apprend aussi pourquoi les idées de Galilée, et notamment son atomisme, chiffraient tellement l'Inquisition : c'est qu'à partir du moment où l'on considérait que la matière était constituée d'atomes possédant leur individualité, il devenait beaucoup plus difficile de faire admettre qu'il s'opérait une transsubstantiation dans l'eucharistie au moment de la messe... Livre de haut vol, dans lequel on peut pécher bien des idées remarquables.

G. M.

**Jean Jacques  
L'IMPÉRÉVU OU LA SCIENCE  
DES OBJETS TROUVÉS**

*Odile Jacob, 216 p., 120 F.*

Jean Jacques, en deux noms, est l'un des rares auteurs compétents qui non seulement écrivent clairement, mais encore savent exposer plaisamment des idées compliquées. La maîtresse de celles-ci est que la réalité contrarie sans cesse la raison, ou plutôt les idées. Il met un grand soin, probablement motivé par un secret plaisir, à démontrer que la science a beaucoup progressé par des découvertes contrariantes, dues au hasard. Mais comme il est chimiste, il émailler ces considérations d'exemples anecdotiques, comme le conférencier milliardaire, dans *le Prométhée mal enchaîné* de Gide, distrayait son public en faisant circuler des photos malsaines entre deux exposés métaphysiques.

Il a collectionné une belle série de découvertes inattendues. « La première synthèse d'un composé organique d'origine naturelle, opération que certains jugeaient impossible en dehors de toute "force vitale", a été réalisée en 1828 par le chimiste allemand Woelher alors qu'il cherchait, pour de toutes autres raisons, à combiner l'acide cyanique avec l'ammoniac. » Un petit catalogue, de l'adrénaline à l'ypérite, complète cet exposé à la fois délectable et séduisant. Pour mauvais esprits distingués. G.M.

**Mony Elkaim  
SI TU M'AIMES, NE  
M'AIME PAS**

*Seuil, 183 p., 89 F.*

Introduction à la "thérapie systémique", inspirée, assure l'auteur, de la seconde cybernétique de von Foerster... Comme quoi, dans les désaccords entre membres d'un groupe, les mots et les gestes sont infidèles aux intentions des auteurs et sont donc mal interprétés et, paradoxe, finissent par signifier le contraire de ce qui est dit. Comme quoi encore le psychothérapeute ne peut se considérer comme étranger à la situation dans laquelle il intervient, et son rôle devrait être de casser les automa-

tismes d'une telle relation. Considérations et langage aux limites de l'abstrus, sinon du charabia. Exemple : « Agies par ce "nœud" de règles contradictoires, l'éducatrice et l'enfant créaient un comportement nouveau, véritable exercice de topologie qui leur permettait d'être à une place tout en n'y étant pas. » Depuis quand le verbe agir est-il devenu passif ? Pourquoi pas "marchées par ce nœud" ? G.M.

**Nathalie Cadart  
LE DICTIONNAIRE DE  
VOTRE ARGENT**

*Marabout, 242 p., 120 F.*

Sous la triple influence de l'harmonisation des législations européennes, de la multiplication des produits financiers et de l'intervention de plus en plus grande des choses monétaires dans notre économie comme dans notre vie privée, tout ce qui touche à l'argent : banque, Bourse, fiscalité, retraite, valeurs mobilières et immobilières, succession, assurance, etc., s'est profondément transformé pour devenir un domaine technique, avec son vocabulaire bien spécifique, réservé aux initiés.

Il est donc vrai qu'un dictionnaire de l'argent s'imposait. Car à son langage ésotérique, chacun est aujourd'hui confronté. Ne pas comprendre ses termes dans leurs subtilités infinies c'est, à coup sûr, se faire gruger. Cet ouvrage est parfaitement clair et d'accès aisés, aisés au point d'être, ça et là, un peu simpliste ; il est rapide aussi, rapide au point d'être parfois incomplet. On s'attarde si peu qu'on en vient à omettre des choses essentielles. L'auteur oublie, par exemple, de mentionner que les intérêts versés par les caisses d'Epargne ne courent qu'à partir du 1<sup>er</sup> ou du 15 — inutile de déposer le 2 ou le 16 — et que l'argent doit rester bloqué au moins quinze jours pour porter rémunération. Ou, plus grave, en matière de Bourse, il n'explique pas le risque qu'il y a à passer un ordre "au mieux" : on décide de vendre une action qui vaut 1 000 F, le jour de la vente des rumeurs font s'effondrer son cours à 600 F, pour le lendemain, les rumeurs étant fausses, revenir à 1 000 F. On aura perdu 400 F pour rien. Car ce

genre de désagrément peut être évité, à l'achat comme à la vente, en passant ses ordres pour un prix que l'on fixe préalablement soi-même : tant qu'il n'est pas atteint l'opération n'est pas effectuée.

Tout cela est gênant du fait du surtitre de ce dictionnaire : "Guide pratique", de son sous-titre : "La Bible de vos finances personnelles" et de son bandeau : "Placements sûrs. Gains et risques." Il n'y a certainement pas là un guide, mais tout au plus un manuel qui aide à comprendre. Il permet de se défendre, de répondre. Pas d'agir ni de prendre initiatives et décisions personnelles intelligentes et efficaces.

Gérard Morice

## L'HOMME ET LES DINOSAURES L'HOMME ET LES FOSSILES L'HOMME ET LES ANIMAUX DISPARUS

Léopard d'or, de 62 à 80 p., coul., 75 F.  
Nouvelle collection destinée à sensibiliser la jeunesse sur le monde animal. Beaucoup d'excellents exemples qui reflètent une profonde connaissance du sujet (les auteurs sont des universitaires). Pour savoir que l'humanité est en train de créer des fossiles, comme l'exquise perruche d'Australie et la nymphique cornue de Nouvelle-Guinée, le solédon des Antilles et le numbat d'Australie.

G.M.

## Sous la direction d'André Bouze LES ACTIONS EN CONTREFAÇON

Editions juridiques associées,  
380 p., 250 F.

Longues et difficiles à mettre au point, les technologies nouvelles deviennent vite la proie des voleurs. Devenue banale tant elle est pratiquée, la contrefaçon pose deux questions aux innovateurs pillés. Quels sont les remèdes légaux pour la faire cesser et obtenir le dédommagement compensant le préjudice subi ? Combien cela coûtera-t-il ?

Cette étude transnationale, réalisée sous l'égide de la Commission

européenne, fournit, pour 18 pays, toutes les informations essentielles, et jusqu'ici difficilement accessibles, sur le sujet : déroulement de la procédure, spécialistes juridiques impliqués, coûts détaillés des différentes étapes. Un ouvrage qu'on lit certes plus par nécessité que par plaisir, mais la contrefaçon ça n'arrive pas qu'aux autres...

G. Mo.

## Roger Dion HISTOIRE DE LA VIGNE ET DU VIN EN FRANCE

Flammarion, 768 p., 295 F.

Il s'agit d'une réimpression, et elle est largement justifiée. En effet, c'est, à notre connaissance, l'ouvrage le plus complet sur le sujet. Il décrit de manière extrêmement détaillée les influences que la religion, la politique, la culture, la médecine et le commerce ont eu sur l'état de la viti- et viniculture françaises, et il fournit en données le plus souvent ignorées du public. De l'époque gallo-romaine jusqu'au XI<sup>e</sup> siècle, le patrimoine vinicole de la France non seulement survécut, mais encore prospéra grâce aux... évêques, qui étaient les premiers viticulteurs dès villes. Au XV<sup>e</sup> siècle, on cultivait la vigne et l'on élevait le vin dans des régions où ils ne sont plus que souvenir : à Caen, à Louviers, à Evreux, au Mans, à Strasbourg et, bien sûr, à Paris. Il y avait alors des vignes à la pointe de l'île de la Cité ! Mais il faut dire que, bien souvent dans les villes, comme à Paris justement, c'était du "vin de treille" qu'on en tirait, et il était médiocre. Mais on produisait quand même de grands crus près de Paris.

Ce fut le fisc qui commença à freiner le développement du commerce du vin : les barrières d'octroi sextuplèrent en 1636. En 1639, la colère du peuple se manifesta durement et les habitants des anciens faubourgs Saint-Marcel et Saint-Victor allèrent prêter main-forte aux fraudeurs qui faisaient clandestinement entrer du vin dans la capitale. Ce fut alors aussi que commença l'habitude d'aller boire du vin en dehors des barrières, dans les guinguettes.

Les rivalités commençaient

aussi à troubler le vin : jaloux des succès des vins de l'Orléanais, les Parisiens finirent par le faire bannir de la table royale, sous la prétexte plaisant qu'il tournait la tête. La médecine s'en mêla, par exemple par l'entremise du médecin, M. de La Framboisière, attaché au roi Henri IV. On vit poindre la viticulture de prestige, qui s'ébauchait d'ailleurs dès le XIV<sup>e</sup> siècle, quand Philippe le Hardi accusa les échevins de Mâcon et les vignerons beaujolais de mettre en péril la santé publique par la culture du gamay !

L'invention du champagne, puis le clivage de la viticulture en vins populaires et en vins de qualité devaient encore modifier ce domaine, et l'on ne peut que regretter que l'auteur s'arrête, en fait, au XVII<sup>e</sup> siècle, alors que la couverture annonce que l'étude va jusqu'au XIX<sup>e</sup>. Mais ce reproche indique combien est prenante la lecture du livre.

G.M.

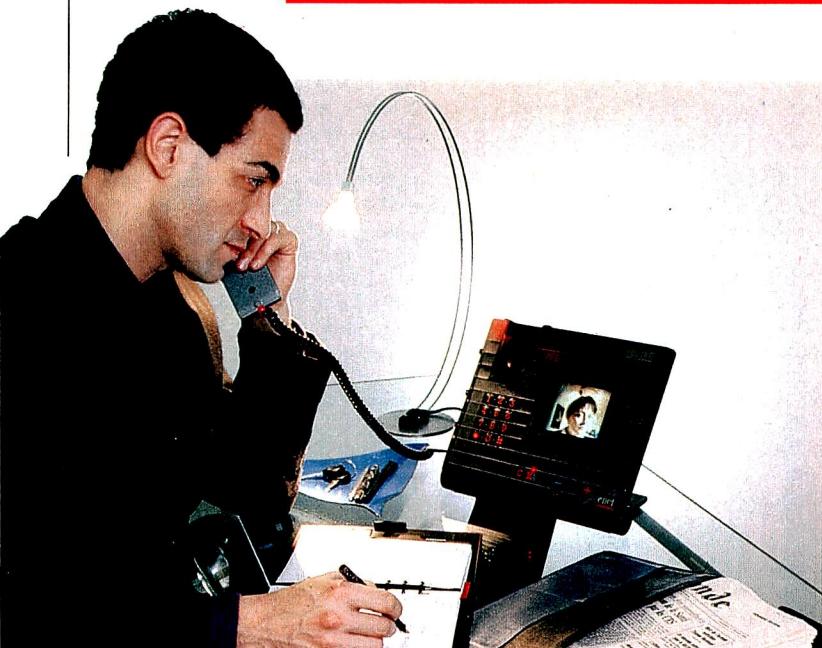


## MES PREMIÈRES DÉCOUVERTES LA COULEUR, LA COCCINELLE, L'ARBRE, L'ŒUF, LA POMME, etc.

Collection pour la jeunesse,  
Gallimard, 40 p., 46 F.

Grâce à une technique d'impression unique, certaines illustrations des livres de cette très jolie série sont reproduites recto-verso sur film transparent. La virtuosité réside dans l'intelligence avec laquelle le procédé est exploité. Ainsi, en tournant une page jaune transparente, on transforme un sorbet rouge en un sorbet orange. La simplicité et la clarté des explications doivent certainement contribuer à l'éveil de l'intelligence enfantine. De plus, le résultat est esthétiquement très plaisant. Marc Giraud ▲

# ECHOS DE LA VIE PRATIQUE



## TELECOMMUNICATIONS

### Bientôt le visiophone numérique

Dans un an, le territoire français sera couvert par le réseau Numéris, ou réseau téléphonique numérique offrant deux voies à 64 kbit/s. A la même époque seront livrés les premiers visiophones du projet Visages, permettant de numériser l'image animée et de la transmettre sur le réseau Numéris.

Ainsi se réalisera, selon les termes de M. Paul Quilès, ministre des Postes, des Télécommunications et de l'Espace, « l'un des rêves futuristes de l'humanité : le téléphone à images annoncé il y a un siècle par Jules Verne dans *le Château des Carpates* ».

Il faut observer ici que le débit du Numéris de 64 kbit/s est en principe insuffisant pour transmettre une image animée en couleurs avec le son. Aussi le système de visiophone numérique (conçu par le CNET depuis 1970) fait-il appel à

une technique très évoluée de compression des signaux permettant de ne transmettre que les informations utiles. Ainsi, comme une personne face à l'objectif de la caméra du visiophone ne fait que peu de mouvements, il suffit donc de ne transmettre qu'un nombre limité d'images, les images perdues étant reconstituées à la réception à partir des informations transmises.

Aujourd'hui, le prototype du visiophone est prêt, avec ses codeurs, son écran plat à cristaux liquides, ses terminaux. La phase d'industrialisation commence, avec le concours de Thomson pour les circuits, Alcatel et SAT pour les codeurs d'images, Matra Communications pour les terminaux et les adaptateurs au réseau Numéris. Les premiers terminaux seront livrés à la fin de cette année.

## PHOTO

### 24 × 36 : tout grand angulaire

Les appareils 24 × 36 compacts à deux focales ou à zoom possèdent tous un grand angulaire et un petit télescope. Canon lance aujourd'hui le Prima Twin, le seul modèle proposant deux courtes focales : 4/28 mm et 5,6/48 mm (cette dernière étant tout de même proche des focales normales de 50/55 mm). Pour le reste, le Prima Twin est un appareil à exposition et mise au point automatiques (jusqu'à 0,60 m). Prix : 1 200 F.

## PHOTO

### Un compact automatique pour moins de 600 F

Ce 24 × 36 compact, le Tokina TA-200, coûte en effet 590 F et possède cependant tous les automatis-



mes : mise au point de 1,5 m à l'infini, exposition, affichage de la sensibilité, entraînement du film et rebobinage. Il est doté d'un objectif 3/34 mm et d'un flash orientable verticalement. Dimensions : 13 × 4 cm environ. Poids : 210 g.

PHOTO

## Un appareil marcheur se déclenchant à la voix

C'est un 24 x 36 compact d'aspect classique. Il s'appelle "Kanpai", ce qui, en japonais, signifie "A votre santé". Ainsi, lorsqu'on porte un toast, il photographie automatiquement au bruit de deux verres qui se choquent. De même, pour une photo de groupe, il se déclenche lorsque le photographe lui en donne l'ordre à haute voix. Ce qui permet à l'utilisateur de fi-



gurer sur la photo.

Construit par Konica, le Kanpai possède un microphone et des diodes lumineuses sur sa face avant. Celles-ci oscillent selon le niveau de bruit ambiant et dès que le seuil sonore programmé (3 niveaux au choix) est atteint, le déclencheur est activé. De plus, lorsque l'appareil est monté sur un trépied spécial muni de minichaussures, après chaque photo il se tourne vers un autre sujet et le photographie. Enfin, en cas de silence total, le Kanpai se déclenche toutes les 6 minutes.

Toutes ces possibilités peuvent apparaître bien inutiles ! Dans ce cas, elles peuvent être annulées et le Kanpai devient un appareil des plus classiques avec flash incorporé, objectif 5,6/34 mm, automatisme de l'exposition de 1 à 1/200 s, entraînement par moteur et sans mise au point. Prix : 690 F.



PHOTO

## Cadrage automatique sur un reflex

Traditionnellement les reflex 24 x 36 sont équipés d'objectifs interchangeables. Mais la plupart des amateurs ne se servent que de quelques focales, généralement entre 35 et 135 mm. Pour ces utilisateurs, un reflex avec zoom incorporé au boîtier est une formule plus rationnelle et plus simple. Quelques appareils de ce type ont été proposés depuis une année par Olympus, Ricoh et Chinon. Cette dernière firme vient de lancer un nouveau modèle, le Genesis III. Doté d'un zoom 4,4 - 5,6 de 38 à 110 mm, il permet la photo rapprochée grâce à une position "macro" et la photo de détails grâce à un complément optique qui porte la focale maximale à 154 mm.

La mise au point est automatique avec possibilité de programmer également le réglage automatique de focales pour des cadrages déterminés : portrait, personnage en buste ou en pied, paysage. Pour chacun de ces cas, le diaphragme est sélectionné par un micro-ordinateur en fonction d'une profondeur de champ convenant au sujet (grande ouverture pour le portrait, ouverture moyenne pour les personnes en pied et petite ouverture pour le paysage). L'appareil possède aussi plusieurs programmes d'exposition automatique, des vitesses de 1 s à 1/1 000 s et un flash intégré automatique. Il ne sera pas disponible en France avant cet été.

AUDIO

## Des combinés lecteurs laser/magnétophone/radio

Destinés aux jeunes, les "Sound Machines" de Philips regroupent un lecteur de disque compact audionumérique, une radio-transistor et un magnétophone à cassette, ce dernier permettant notamment l'enregistrement des disques (en audio-analogique). Le modèle le plus perfectionné, le Philips AZ 8594 (prix : 3 990 F) reçoit toutes les gammes d'ondes (PO-GO-OC et FM en stéréophonie), possède un magnétophone à double platine (type autoreverse), trois amplificateurs et un générateur de basses (dit TBG) qui augmente la puissance des graves.

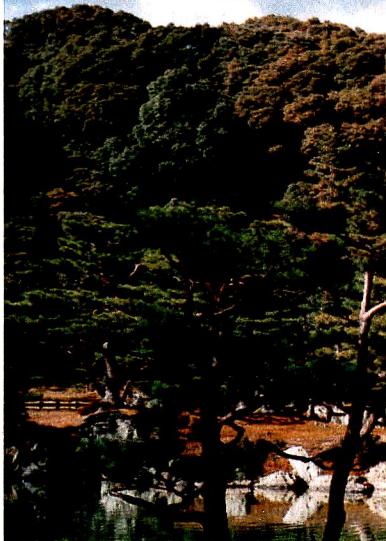


Quatre autres modèles (prix de 2 990 à 1 980 F) ont des possibilités moindres : absence du système TBG et absence des ondes courtes sur les AZ 8492 et AZ 8102 ; une seule platine magnétophone sur les AZ 8294 et AZ 8102.

## Un convertisseur d'image pour microordinateur

La mémorisation d'images sur ordinateur suppose leur numérisation préalable. Telle est la fonction de l'"Imager 10 A", carte pour la saisie d'images fixes monochromes sur IBM-PC et compatibles. Elle permet la numérisation avec une définition de 720 points par ligne, sur 288 lignes et avec une différentiation de 256 niveaux de gris. A partir d'une source vidéo

composite monochrome (caméra, camescope), l'Imager 10 A saisit l'image pour la charger en quelques secondes sur mémoire RAM ou sur disque. Les images peuvent ensuite être visualisées sur un écran VGA ou EGA monochrome. Le prix de lancement jusqu'au 30 juin 1990 est de 3 850 F. En option, une caméra noir et blanc est proposée au prix de 2 995 F.

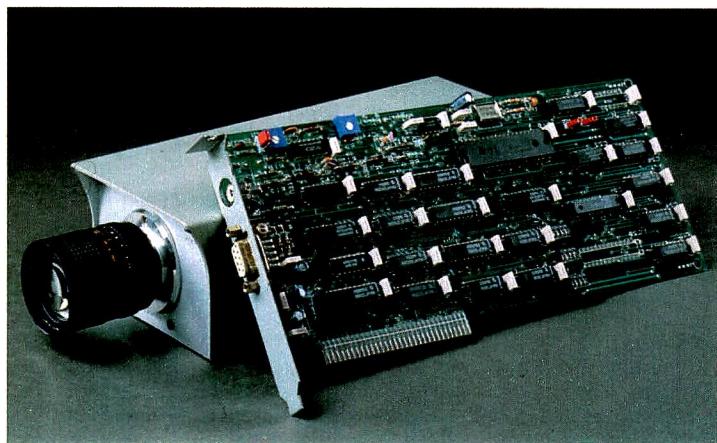


## AUDIO

## Une radio captant mieux l'Amérique

L'appareil des chasseurs d'ondes courtes, le Satellit de Grundig, est disponible désormais dans une version Satellit 500, recevant la totalité des pays du monde. Par rapport au Satellit 400, ce nouveau modèle bénéficie d'une extension de la plage des fréquences à 30 MHz permettant d'inclure la bande des 10 m, particulièrement importante pour la réception longue distance des stations implantées sur le continent américain notamment.

42 stations sont mémorisables



## TÉLÉCINÉMA

## Un banc de transfert vidéo

Si les appareils de télécinéma assurant la conversion des films en vidéo ne sont pas à la portée des amateurs — à cause de leurs prix élevés —, ces derniers n'en ont pas moins la possibilité de copier sur

vidéocassettes leurs films super 8 ou 15 mm, ainsi que leurs diapositives.

Divers appareils fort simples le permettent en effet. Tel est le cas de l'UVC 1 de Vivitar. C'est une sorte de banc de reproduction sur lequel les films et les photos projetés sont enregistrés par un camescope ou une caméra vidéo.

L'appareil est utilisable avec n'importe quel projecteur et autorise également le transfert de documents opaques (épreuves photographiques, imprimés...) jusqu'au format 10 x 15 cm.

L'UVC 1 est doté d'un objectif macro et d'un éclairage fluorescent. Il permet, outre les transferts, la réalisation des titres. Prix : 800 F.



avec une fonction de recherche des émetteurs par scanner. La plupart des réglages sont automatisés, éliminant les interférences et maintenant l'écoute des programmes.

L'appareil est doté d'un amplificateur stéréophonique de 1,5 W par canal avec réglage séparé des graves et des aigus, réglage fin au pas de 100 Hz et prise casque stéréophonique en FM. Dimensions : 30 x 18 x 7 cm. Prix : 4 000 F.



PHOTO

## Un baroudeur panoramique

Il y a quelques mois, Fuji arrêtait les fabrications du Baroudeur, l'un des appareils photographiques 24 x 36 les plus populaires de la marque, vendu depuis des années à des centaines de milliers d'exemplaires. Ce n'était pas pour autant la fin du Baroudeur, car celui-ci revient sous le nom de Fuji HD-P-Panorama.



Les caractéristiques sont sensiblement les mêmes avec une possibilité supplémentaire remarquable : l'amateur pourra choisir entre deux formats au moyen d'une commande sur le boîtier : le 24 x 36 classique ou une vue panoramique 13 x 36 mm. L'idéal pour le paysage, les groupes étalés en largeur... ou les sujets tout en hauteur !

VIDÉO

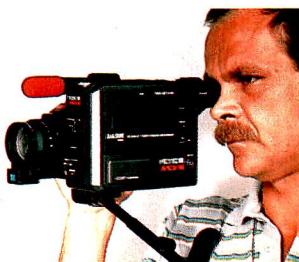
## Une crosse pour camescope

Le plus difficile, lorsqu'on filme caméra au poing, est d'obtenir des images parfaitement stables, surtout lorsqu'on utilise de longues focales. Pour y parvenir, le plus sûr est de donner à la caméra un appui complémentaire contre la poitrine ou sur l'épaule. Rowi propose à cet effet une crosse comportant une tige télescopique ajustable au corps et à l'angle de la plate-forme de la caméra. L'épauleière se replie sous cette caméra après utilisation. Prix : 430 F

VIDÉO

## 45 minutes sur une cassette S-VHS-C

*Pour la première fois au monde, les camescopes VHS-C pourront enregistrer 45 minutes de programme (et même 90 minutes en vitesse lente) grâce à une bande magnétique particulièrement fine, en cassette type C. Lancée par Panasonic sous la référence NV-SEC45, cette cassette est en outre aux normes Super-VHS (ou S-VHS) et convient donc aux seuls camescopes au standard S-VHS (celui qui, séparant les signaux de chrominance et de luminance, permet une définition d'image de 400 lignes horizontales). Prix : 129 F environ contre 100 F les cassettes conventionnelles de 30 minutes.*





## 1 UN MARTEAU DE SURVIE

85 F dans les centres d'équipements automobiles



## 7 UN ANNUAIRE POUR COMPOSER VOS NUMÉROS DE TÉLÉPHONE

399 F, FNA, grands magasins, et papeteries

## 2 DES ORDINATEURS PORTABLES EXTRA-PLATS

19 000 et 24 000 F, respectivement pour les modèles 286 et 386 SX, chez les détaillants informatiques



**1** Lors d'un accident de voiture, les vitres du véhicule peuvent se bloquer. Le marteau de survie a été conçu pour les briser facilement de l'intérieur et couper une ceinture de sécurité coincée. Il comporte deux pointes d'acier trempé à une extrémité du manche et une lame acérée et protégée (pour ne pas se couper les doigts) à l'autre. Présenté dans un support en plastique, il se fixe sans outil sur le revêtement de sol et porte une tache fluorescente permettant de le repérer dans l'obscurité.

**2** En juin prochain, Amstrad mettra sur le marché deux microordinateurs portables compacts et très minces (32 x 38 x 9 cm environ et 6 kg). Tous deux (Amstrad ALT 286 et ALT 386 SX) de type PC, ils sont dotés de microprocesseurs à 16 MHz de vitesse d'horloge et possèdent un écran à cristaux liquides, une résolution de 640 x 480 points, 80 colonnes et 32 plages de gris. Ils sont également compatibles avec les normes du marché (VGA, EGA, CGA, MDA, Hercules HGC). Ils se distinguent par la rapidité de leurs mémoires vives : 80 ns pour l'ALT 286 et 100 ns pour l'ALT 386 SX. De même, les disques durs diffèrent : 20 Mo avec un temps d'accès de 28 ms sur le 286 et de 40 Mo avec un temps d'accès de 25 ms sur le 386 SX. Les deux modèles, enfin, possèdent un lecteur de disquettes intégré au format 3 1/2 de 1,44 Mo.

## 3 VOTRE POSTE RADIO EN KIT

750 F, chez Scopa, 90, rue Lafayette, 75009 Paris



**3** La société Scopa propose aux passionnés d'électronique n'ayant aucune formation spéciale un kit pour fabriquer un récepteur radio. La réalisation, fort simple, est expliquée dans un manuel clair et précis. Le coffret contient deux circuits imprimés, un casque d'écoute, les composants et les outils nécessaires au montage. Bien sûr, il ne faut pas s'attendre à une réception haute fidélité, mais l'assemblage du poste peut être une manière pratique, originale et agréable de s'initier à la radiophonie.

**4** Réalisé en bois plaqué chêne épais de 15 mm, ce puzzle anatomique est constitué de 21 pièces représentant chacune l'un des 21 constituants de l'œil humain : rétine, cornée, pupille, cristallin, paupières, etc. En les assemblant, l'enfant reconstitue l'organe de la vision et apprend ainsi à le connaître.

**5** Sony vient de lancer au Japon le Palm-Top PTC 500, un microordinateur portable capable d'enregistrer des données écrites à la main au-dessus d'un écran à cristaux liquides, au moyen d'un crayon électronique. Actuellement, le Palm-Top reconnaît 3 500 caractères manuels japonais et certains graphiques, avec un million de variantes correspondant aux différences de style d'écriture des individus. Il dispose à cet effet d'une importante mémoire vive de 320 Ko pouvant stocker 110 pages format A4. Bientôt, les claviers ne seront plus nécessaires !

**6** On sait aujourd'hui obtenir d'un système d'alarme ou de surveillance qu'il allume ou éteigne l'éclairage d'un local, gère le chauffage d'une habitation, compose automatiquement le numéro de téléphone d'un voisin s'il détecte un événement anormal dans un appartement, déclenche une alerte en cas d'effraction, etc. Mais les équipements fiables assurant ces fonctions sont généralement coûteux et de mise en place complexe. Une firme, IDT (9, rue Paul-Baruel, 75015 Paris), innove sur ce point avec Ligne Directe, un système de surveillance de l'habitat qui utilise le Minitel et ne requiert aucune installation électrique supplémentaire. Il s'agit d'un boîtier préprogrammé avec lequel fonctionnent des prises à brancher sur les appareils à surveiller (2 950 F l'unité centrale et 350 F la prise ; on peut la trouver chez les revendeurs Leroy-Merlin). Chacune de ces prises contient un modem et ses commandes marche/arrêt. Le boîtier peut gérer jusqu'à une soixantaine d'appareils.

**5 UN ORDINATEUR COMPACT QUI COMPREND L'ÉCRITURE MANUELLE**  
8 000 F sur le marché japonais,  
aucune date d'importation connue pour l'instant



reils. Il est en outre équipé d'une sonde thermique (de - 20°C à + 50°C) et d'une cellule photoélectrique, ce qui permet de déterminer un seuil de température ambiante et d'éclairage. Grâce au programme intégré, on peut donc appeler chez soi, se brancher sur le Minitel et interroger le boîtier, qui donnera un état des appareils connectés.

**6** Les adeptes du tir à l'arc sont de plus en plus attentifs aux raffinements technologiques susceptibles d'élever les performances de cette arme. L'Alpha-ex, proposé par Yamaha, est un arc en fibre de carbone améliorée appelée Carbon Ceramic. Cette matière comporte des filaments de céramique noyés dans la résine servant de liant aux fibres de carbone. Ce procédé améliore à la fois l'élasticité et la rigidité des branches, absorbe les vibrations et offre une meilleure résistance aux chocs. De plus, cette fibre allège l'arc d'environ 16 %. La poignée, en magnésium moulé sous pression, est très résistante. Le carbone est également utilisé dans les flèches pour les rendre très rigides et légères. Enfin, précisons que trois types de stabilisateurs s'adaptent sur l'Alpha-ex.

**7** Sous la forme d'un agenda électronique banal, le Pocket Dialer, de Texas Instrument, présente l'originalité de composer seul l'un des 125 numéros de téléphone enregistrés dans sa mémoire. En plaçant le haut-parleur du combiné sur le micro situé au dos du Pocket Dialer, le numéro se forme seul, par reconnaissance des sons émis par la calculatrice, mais uniquement sur les téléphones à fréquence vocale ou multifréquences (qui émettent une série de "bips" de tonalité différente au lieu d'impulsions). Possèdent également les fonctions de calcul, d'horloge, etc.



**4 L'ŒIL EN PUZZLE**  
590 F,  
chez Philippe Poiret,  
14, rue du Tail, 75012 Paris



**6 LE TIR A L'ARC SE MET AUX CÉRAMIQUES**  
5 000 F chez Olympe,  
40, rue Hémet, 93300 Aubervilliers

## Utiliser



8

### LES FLÉCHETTES LES PLUS PRÉCISES DU MONDE

600 F les trois, chez Olympe,  
40, rue Hémet,  
93300 Aubervilliers

11

UNE CALCULATRICE  
GRAPHIQUE  
970 F, chez Duriez,  
dans les FNAC  
et chez les papetiers



13

### ORMES ET PYRACANTHAS RÉSISTANTS

39 F et 49 F pièce,  
selon les variétés.  
Disponible chez  
votre pépiniériste



10

### CINQ MACHINES DANS UN TOURET

1 600 F, dans les  
magasins d'outillage à  
l'enseigne Maison-Conseil,  
les Bricosphère,  
Comepa et La Samaritaine



10 A chaque tâche son outil, c'est l'idée proposée aux bricoleurs avec le tourret modulaire Valex. Ce tourret regroupe cinq outils différents : meule, meule d'affûtage à eau, bande et disque de ponçage, brosse, flexible de rectification et de perçage. Dans chaque cas, il reçoit simultanément deux outils : d'un côté du moteur, l'outil de meulage, fixe ; de l'autre, l'un des quatre outils modulaires amovibles. Le changement d'outil sur le tourret se fait rapidement grâce à un système de fixation à baïonnette.

## LES OBJETS DU MOIS

8 Planter des fléchettes dans une cible n'est pas le jeu le plus nouveau qui soit, mais là encore s'infiltra la technologie. Celles-ci sont à 97 % en tungstène, métal de haute densité et très dur qui permet de façoner des corps fins et lourds. Leur forme aérodynamique garantit une grande précision de tir — par comparaison, une fléchette en laiton de même poids serait de 3 à 5 fois plus épaisse et donc moins aérodynamique. Afin de rendre attrayantes ces fléchettes pour le moins techniques, il existe une centaine d'empennages différents. Elles sont présentées dans un étui d'ébène.

9 Casio 693, c'est d'abord une montre bracelet avec chronomètre et alarme. C'est ensuite, et surtout, un curvimètre : sur son boîtier, elle comporte une roulette miniature qui, une fois dégagée, peut parcourir une ligne tracée sur un papier ou imprimé, par exemple une route sur une carte. Sur un cadran à cristaux liquides s'affichent alors les distances parcourues (jusqu'à 9 999 mm), la distance réelle, après programmation de l'échelle, et la vitesse de parcours ou la durée du trajet. Les mesures s'obtiennent en unités du système métrique ou unités anglaises.

11 Avec une capacité de mémoire augmentée (6 566 pas), la calculatrice FX 8500 G de Casio permet de tracer plusieurs courbes sur un même écran, d'analyser des fonctions, d'effectuer des calculs scientifiques (algèbre, trigonométrie, hyperboles, etc.) ou statistiques. En outre, grâce à un langage de programmation très simple, elle permet de faire des boucles, des tests, d'édition et de modifier des programmes ou d'utiliser des fonctions telles que GOTO. Cette calculatrice dispose de 26 mémoires extensibles à 846, et la capacité de mémoire de fichier (4 989 pas) est également utilisable en programmes. Enfin, la FX 8500 G s'encastre dans une interface FA-80 pour l'impression des graphiques sur une table traçante couleurs (en option).

12 La plupart des terminaux marins de communication par satellite qui transmettent des textes et des données sont encombrants et peu pratiques à installer. Un inconvénient que le Standard C a pratiquement supprimé. D'un poids plume (10 kg) et composé de deux éléments seulement — une console électronique et une antenne avec tête haute fréquence — il se fixe aussi bien sur une surface horizontale que sur un mât. L'unité radio peut être montée n'importe où sur un bateau, à condition qu'elle soit à l'abri des intempéries. Une fois installé et branché, le Standard C s'utilise comme une machine à écrire.

13 La France a presque totalement perdu ses ormes, décimés par la graphiose, maladie provoquée par un champignon qui dessèche les arbres atteints. Heureusement, les chercheurs ont déniché au jardin botanique de Sapporo (Japon) un hybride naturellement résistant. Testé pendant quatre ans à Angers (INRA et pépinières André Briant), il a résisté à de fortes doses d'inoculum du champignon mortel. Même réussite pour les pyracanthas, ces arbustes épineux décoratifs (ils servent en général de haies en bordure de jardin) par leurs grappes de fruits

**12**

**COMMUNIQUER EN MER PAR SATELLITE**  
 55 690 F, chez CRM,  
 4, Rte principale  
 du Port,  
 BP 71, 92233  
 Gennevilliers Cedex



jaunes ou rouges : l'INRA d'Angers a su créer par sélection génétique des variétés résistantes au "feu bactérien", autre maladie mortelle due à une bactérie qui décime aussi les arbres fruitiers, pommiers et poiriers notamment. La diffusion de ces nouvelles variétés est l'œuvre de pépiniéristes adhérent au groupe Saphyr : il s'agit de Resista pour l'orme, au port fusiforme et branchu (de 8 à 12 m de haut sur 3,5 m de large, ou 2 m en haie avec une taille annuelle), et de Cadrou, Interrada et Cadange pour les pyracanthas.

**14** Etrange véhicule ! Inspiré du chariot d'aéroport et caréné comme une motocyclette, le Pieto-Porteur est un petit véhicule que l'on conduit debout et qui dispose d'un emplacement pour ranger bagages et colis. Il est conçu dans une optique futuriste où les centres-ville seraient interdits aux automobiles. Mais le prototype est proposé comme véhicule à laisser dans les quartiers plutôt piétonniers, à la disposition de tous les consommateurs. Ceux-ci pourront charger leurs courses et les emprunter pour se rendre jusqu'à l'endroit, plus ou moins éloigné, où est garée leur automobile. L'engin est équipé d'un phare et pourrait recevoir en option un petit moteur électrique ou à essence (sinon il est poussé cas

Les auteurs de cette rubrique ont été publiés par Roger Caillois, Pierre Courtois, Hervé Elia et Christine Mercier.

**9**

**LES DISTANCES À VOTRE MONTRE**  
 749 F,  
 chez Monting,  
 25, av. d'Italie,  
 75013 Paris

**14****LE CADDIE-AUTO**

Prototype non encore commercialisé.  
 Renseignements :  
 Dominique Maraval,  
 2, rue d'Arcueil,  
 75014 Paris



## **POURQUOI NOUS BUVONS DES NITRATES**

(suite de la page 85)

spéciale pour la pollution par les nitrates, qui entrerait en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 1992. Il existe bien, depuis 1982, une taxe sur l'azote ammoniacal et organique (les deux formes d'azote présentes dans les déjections animales), mais elle ne concerne que les seuls éleveurs. Du reste, ils sont bien peu à l'acquitter : ne la payent régulièrement que les porcheries associées à des établissements industriels (d'aliments du bétail, par exemple) ou les éleveurs qui reçoivent une aide de l'agence de bassin pour l'amélioration de leurs installations de stockage. Quant à la nouvelle redevance à l'étude, il reste à déterminer sur quelle base elle sera fixée, quel sera son niveau et par qui elle sera perçue. Bref, c'est encore le flou absolu.

La carotte, elle, a fait son apparition en Allemagne, dans le Bade-Wurtemberg. Là, tous les consommateurs d'eau, particuliers ou industriels, payent une taxe, le Wasserpfennig (de l'ordre de 35 centimes le mètre cube pour les ménages), dont une partie est redistribuée sous forme de "primes de bonnes pratiques agricoles" (environ 1 000 F par hectare). Pour en bénéficier, il faut que le reliquat d'azote dans le sol soit inférieur à 45 kg à l'hectare lors des analyses de contrôle effectuées entre le 1<sup>er</sup> novembre et le 15 décembre. La rumeur prétend que les plus malins irradient fortement avant le passage du *Kontrolleur*, chassant ainsi les nitrates vers les nappes. En somme, ils polluent et touchent la prime... Un comble !

Plus cocasse encore, cette carotte fait actuellement l'objet d'une citation devant la Cour de justice européenne, au motif que, la pollution étant interdite, le Bade-Wurtemberg n'a pas à encourager ceux qui, après tout, ne font que leur devoir !

Une remarque pour terminer : la dénitrification des eaux de consommation, que certains considèrent comme la panacée, n'est en fait qu'un pis-aller. Car si les traitements existent, ils sont à la fois très onéreux et écologiquement fort peu satisfaisants (*voir encadré p. 82*). Mieux vaut traiter le mal à la racine.

**Marie-Laure Moinet**

(1) Les Etats-Unis et l'Organisation mondiale de la santé ont fixé la limite à 45 mg de nitrates par litre.

(2) CORPEN : Comité d'orientation pour la réduction de la pollution des eaux par les nitrates (provenant des activités agricoles). Mis en place en 1984, il réunit plusieurs centaines d'experts en groupes de travail. Son secrétariat, la Mission eaux-nitrates (6 personnes), est chargé de diffuser ses recommandations.

(3) Un lysimètre est un dispositif qui isole un volume de sol d'un mètre de profondeur environ, et qui comporte à sa base un système de récupération des eaux qui percolent. Il permet de mesurer les pertes en eau et en minéraux.

(4) Il existe six agences financières de bassin ou "Agences de l'eau" sous tutelle du ministère de l'Environnement : Adour-Garonne, Artois-Picardie, Loire-Bretagne, Rhin-Meuse, Rhône-Méditerranée-Corse et Seine-Normandie. Elles sont financées par les redevances des utilisateurs et prennent en charge les aménagements destinés à réduire la pollution de l'eau.

## **LES PARENTS S'IRRADIENT, LES ENFANTS MEURENT**

(suite de la page 59)

répartition par communes limitrophes ou non. Les chercheurs en épidémiologie de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM) ou du Centre national de la recherche scientifique (CNRS) n'ont pas accès aux informations concernant le nombre d'années de travail exposé, les dosimétries par poste de travail...

Aucune étude épidémiologique du type de celle de Gardner n'est actuellement en cours dans notre pays. Nous avons sollicité Electricité de France (EDF), Framatome et le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) pour obtenir justement ces données. Attendons...

Une seule exception : Sylvia Richardson et Jean-François Viel, deux épidémiologistes français, qui viennent de publier une étude sur la situation autour de La Hague.

La gigantesque usine de retraitement normande, en service depuis 1966, et qui rejette dans l'atmosphère du ruthénium 106, du cérium 144, du césium 137 et de l'antimoine 125, ne provoque pas d'augmentation anormale de morts par leucémies infantiles. Deux morts par leucémies dans des communes situées entre 10 et 20 kilomètres de La Hague, entre 1968 et 1978, et une seule mort par leucémie dans une commune située à moins de 10 kilomètres de la centrale. Des chiffres rassurants.

Néanmoins, il n'existe pas de registre des cancers dans cette région, les études de mortalité ne rendent pas compte de l'incidence réelle de la maladie. Or seules ces informations, couplées à celles sur les types de radionucléides émis par tel ou tel poste, les dossiers médicaux ou les dosimétries cumulées année par année, poste par poste, permettraient de faire toute la lumière. Mais ces informations ne sont pas disponibles.

**Jean-Michel Bader**

**3615 E2 E4  
JOUEZ  
AUX ÉCHECS  
24H/24**

## LES FÉCONDZ ZIGZAGS DE LA DOUBLE HÉLICE

(suite de la page 50)

bre d'événements, telles la réparation du génome, sa réPLICATION, la lecture des gènes, etc. Autant d'étapes que la conformation Z pourrait perturber.

Ainsi, de nombreux chercheurs pensent qu'au travers de ces variations de structure pourrait exister un puissant système de contrôle des programmes de fabrication des protéines. En effet, toutes les protéines ne sont pas produites en même temps dans toutes les cellules. Seuls les tissus hépatiques sont habilités à synthétiser l'albumine, alors que toutes les cellules possèdent l'information génétique nécessaire à cette production. Qui décide de la fabrication de telle ou telle protéine dans une cellule donnée ? L'ADN encore et toujours. Mais ce second message (l'ordre de fabrication) n'est pas contenu dans l'enchaînement des bases. S'il reste encore mystérieux, plusieurs chercheurs pensent qu'il pourrait s'exprimer au travers du langage conformatiONnel. Ainsi, la présence d'ADN Z en certaines régions du génome représenterait un signal capable de déterminer l'ouverture ou la fermeture d'un gène, avec pour conséquence la production ou non de la protéine dont il gouverne la synthèse. Cette conformatiON particulière modifierait en effet l'association des enzymes impliquées dans le recopiage des gènes en ARN messager, préalable indispensable à la synthèse des protéines.

L'ADN Z se trouve également impliqué dans d'autres phénomènes ayant un rapport avec l'évolution. Les cellules possèdent toutes des enzymes de réparation destinées à corriger les éventuelles erreurs introduites sur le génome par des cancérogènes ou au cours de la réPLICATION de l'ADN. Or, il semble que ces dispositifs soient rendus inopérants lorsque l'ADN est sous forme Z, ce qui confirmerait le rôle de l'ADN Z dans l'évolution. Certaines expériences indiquent aussi que cette conformatiON particulière pourrait favoriser l'action des cancérogènes et même l'apparition de cassures ou de remaniements sur le génome. Si ces derniers accidents semblent néfastes pour l'organisme, ils lui sont parfois indispensables, notamment lors de la fabrication des anticorps.

La capacité de nombreuses régions du génome à adopter des conformations particulières peut avoir des conséquences négatives mais certainement aussi des conséquences positives pour la cellule, car l'évolution ne conserve jamais un dispositif qui lui soit défavorable. Il semblerait donc que l'ADN Z, en raison de son extrême instabilité, confère aux organismes un avantage indéniable, en leur donnant, par exemple, la chance d'évoluer dans un sens favorable.

Marie-Françoise Lantiéri



## Votre solitude, c'est uniquement dans votre tête

En fait, cela n'existe pas. Parce que vous êtes unique. Il y a des êtres formidables qui ne demandent qu'à vous rencontrer, précisément pour cette raison. Comment faire pour que leur chemin et le vôtre se croisent ? Votre seule chance est-elle de multiplier vos rencontres, en faisant confiance au hasard ?

Pour trouver le bonheur à deux, il ne suffit pas de rencontrer beaucoup de personnes. Il faut aussi que celles-ci aient une sensibilité profonde réellement compatible avec la vôtre.

C'est cette aventure que Ion International vous propose : rencontrer des personnes qui souhaitent découvrir un être comme vous, dès lors que leur personnalité, définie par une Etude Psychologique, correspond à la vôtre. Et cette aventure ne peut que réussir puisque votre inscription est valable jusqu'au choix définitif.

Pour recevoir une documentation complète :

Faites **36.15 code ION** sur votre Minitel ou retournez cette demande.

Image Bank - L.D. Gordon

Veuillez m'envoyer gratuitement et sans engagement, sous pli neutre et cacheté, votre livret d'information en couleurs.

M., Mme, Mlle . . . . . Age . . . . .

Prénom . . . . . Adresse . . . . .

- PARIS (75009) 94, rue Saint-Lazare  
Tél. : (1) 45.26.70.85 +  
■ TOULOUSE (31300) 16, rue Nungesser-et-Coty  
Tél. : 61.59.48.58  
■ BRUXELLES (1000) rue du Marché-aux-Herbes 105 BP 21  
Tél. : 511.74.30  
■ GENEVE (1206) 4, route de Florissant.  
Tél. : (022) 46.84.88.

SV 33

 **Ion International**  
UNE LIBERTÉ EN PLUS.

## LA BOUTEILLE À L'ENCRE DES EAUX EN BOUTEILLE

(suite de la page 97)

robinet) qui favorise le plus la diurèse : 83,2 % d'eau excrétée par rapport à la quantité ingérée. Pour l'eau déminéralisée, l'excrétion est de 68,2 % et pour l'eau fortement minéralisée (type Contrexéville) de 59,7 % seulement. Précisons toutefois que cette étude n'a été effectuée que sur six personnes. Les eaux diurétiques (type Evian, Vittel...) déclenchent une diurèse liquide et solide, favorisant l'expulsion des calculs. Michel-Ange, qui souffrait du "mal de la pierre", nous décrit sa cure : « Ayant bu une certaine eau, j'ai pu évacuer par les urines une quantité énorme de matériau gros et blanchâtre, avec quelques petits morceaux de la pierre, ce qui m'a soulagé. »

Les eaux qui contiennent des sulfates jouent certainement un rôle sur l'appareil digestif, puisque cet apport les rend laxatives au-delà de 600 milligrammes par litres. Mais les exploitants ont souvent tendance à prêter à leur eau toutes sortes de vertus (°), quelquefois les mêmes à des eaux de composition différente. Au début du siècle, certains promettaient la guérison du paludisme, comme en témoignent de vieilles étiquettes. On se demande par quel miracle. Il est vrai que c'était l'époque où il était de mode pour les coloniaux de venir prendre les eaux en métropole.

Il est tout de même un "bienfait" dont personne ne fait plus état : la radioactivité. Pourtant, certaines eaux minérales, qui se chargent en thorium, en uranium et surtout en radium au cours de leur périple souterrain, n'ont rien perdu de leur radioactivité.

Le radium surtout pose problème, car l'organisme l'absorbe facilement. C'est dans les eaux du Massif central qu'on relève le taux de radioactivité le plus fort. Paradoxalement, elles pourraient devenir une réserve d'eau potable en cas d'accident nucléaire majeur, car leur radioactivité apparaîtrait alors tout fait négligeable. **Jacqueline Denis-Lempereur**

(1) La norme à ne pas dépasser est de 50 mg par litre.

(2) Etude menée par J.F. Collin, M.C. Aupic, M. Cherrier et M. Boulangé de la faculté de médecine de Nancy.

(3) Il reste néanmoins une eau de source dite "magnétisée", il s'agit d'Aimantine à Molsheim, dans le Bas-Rhin.

(4) L'emploi de filtres peut parfois comporter des risques. Leur entretien demande, en effet, une hygiène rigoureuse. Si on ne les remplace pas régulièrement, les bactéries s'y accumulent et les filtres deviennent des pièges à microbes ; si bien que l'eau peut être davantage contaminée après passage dans le filtre qu'avant.

(5) *La Vie des eaux thermonumérales*, aux Editions Erès.

(6) Au siècle dernier, un exploitant, publicitaire avant l'heure, prétendait que les eaux de sa station « mouraient à la lumière ». Il espérait vaincre ainsi le réflexe de claustrophobie de certains curistes peu désireux de s'enfermer dans un établissement thermal enterré, mais en fait construit ainsi parce que les eaux thermales ne pouvaient jaillir plus haut !.

## L'UNIVERS ENTRE DEUX BULLES

(suite de la page 37)

bulles, à alterner grands vides et concentrations de matière ?

Pour certains, tout repose sur les effets d'une matière sombre invisible (indétectable), mais qui représenterait 96 % de la masse totale de l'Univers.

A partir de cette hypothèse, des spécialistes ont supposé que la matière sombre s'est condensée en grandes structures avant la matière visible, qui ne s'est formée que dans les régions de haute densité de matière sombre, dessinant les fameuses bulles.

Les vides observés seraient donc, en fait, pleins de matière invisible. Une explication séduisante qui, d'une part, attend d'être confirmée par l'observation, et, d'autre part, suppose une limite supérieure de la taille des vides et des structures. Selon les premiers calculs, cette théorie ne pourrait pas intégrer la structure gigantesque du grand mur.

Par ailleurs, la découverte récente d'un quasar (sorte de galaxie à noyau très actif et lumineux) à 14 milliards d'années-lumière de nous, c'est-à-dire aussi très proche de l'avènement du Big Bang, pourrait être en contradiction avec la formation tardive des galaxies dans les modèles avec matière sombre.

Une autre explication des bulles fait se produire dans l'Univers de gigantesques explosions qui auraient repoussé les galaxies aux extrémités des ondes de choc. Les explosions auraient été causées par d'hypothétiques "cordes cosmiques" agissant comme d'énormes réservoirs d'énergie pouvant provoquer ces explosions. On a aussi entendu la thèse selon laquelle les ondes de détonation de toutes les supernovae (explosions d'étoiles) d'une ou de plusieurs galaxies se seraient accumulées pour produire finalement la structure en bulles de l'Univers.

En fait, il semble bien que l'observation a devancé une théorie qui reste à élaborer. Quel en sera le contenu ? Difficile à dire aujourd'hui. Quoi qu'il en soit, il semble impossible de faire l'économie d'une remise en question (pour les modèles actuels de naissance et d'évolution de l'Univers) de l'explication qui permet de passer d'un état homogène à une répartition de la matière hétérogène.

Le satellite américain d'astrophysique *Cosmic Background Explorer* (COBE), qui vient d'être lancé avec pour objectif de sonder ces temps des origines, pourra peut-être nous mettre sur la piste de ce chaînon manquant de l'histoire de l'Univers.

**Jean-François Robredo**

## **ENVIRONNEMENT : DES MÉTIERS NOUVEAUX**

(suite de la page 143)

techniciens en environnement), il n'y a pas de métiers de l'environnement, il n'y a que des gens en prise directe avec les nuisances, des hommes d'expérience et de terrain. A ses yeux, le responsable de l'environnement d'une entreprise est un homme d'âge mûr connaissant l'entreprise, son fonctionnement, ses hommes, en un mot quelqu'un qui peut se permettre de bousculer les habitudes. Sa formation ? Simplement l'expérience de l'entreprise.

« Les diplômes bac + 2, ou même bac + 4 ne correspondent pas aux besoins des entreprises, affirme un conseiller en formation de l'environnement. Celles-ci veulent des gens qui connaissent leurs procédés de fabrication. Seuls les éco-industries et les bureaux d'études sont prêts à embaucher de jeunes diplômés universitaires. » Au technicien de l'environnement l'industrie préférera ainsi un diplômé bac + 2 d'électronique, de chimie ou de physique. Elf-Aquitaine sélectionne des raffineurs qui n'ont reçu aucune formation initiale en matière d'environnement. De même, Atochem recrute des chimistes, des biochimistes et des spécialistes en génie chimique auxquels il est seulement demandé de connaître les produits et les procédés de fabrication.

Cela ne veut pas dire que les étudiants dans cette branche ne trouvent pas de débouchés. De 1970 à 1990, quelque 5 000 techniciens de l'environnement ont été insérés dans la vie professionnelle. « C'est une révolution silencieuse », souligne Jacques Vigneron, qui a pour sa part mis sur pied une dizaine de formations depuis 1974.

Ces diplômés trouvent l'essentiel de leurs débouchés dans les bureaux d'études, les municipalités, les conseils généraux ou les directions générales de l'industrie et de l'équipement. Ceux qui ont une formation complémentaire en communication ou en relations publiques intègrent plus facilement l'industrie.

« Nous sommes un peu des touche-à-tout », avouait Frédérique Martin au Salon de l'étudiant (¹). Ingénieur-écologue à Orléans, elle participe à l'élaboration de la politique municipale pour l'environnement (de l'amélioration de la qualité de l'eau potable au recensement de la faune et de la flore sur la commune), mais fait aussi de l'animation.

Certaines compétences des ingénieurs écologues les placent en concurrence avec d'autres professions qui n'ont, dans le meilleur des cas, qu'une formation partielle en ce domaine,

comme les architectes, les paysagistes ou les ingénieurs des grands corps de l'Etat.

1987 a vu la création d'un nouveau métier inspiré du modèle allemand : celui d'écoconseiller. L'institut Eco-Conseil de Strasbourg en formera une centaine en un an après quatre années d'études supérieures d'ici à 1991. L'institut reçoit plus de propositions d'emplois qu'il n'a d'étudiants et devrait bientôt lancer une opération pilote en Alsace avec les chambres de commerce, d'industries et des métiers. « Nous envisageons de constituer des services d'écoconseillers au sein de ces chambres, qui seraient ainsi à la disposition des PME-PMI n'ayant pas les moyens de salarier des spécialistes en environnement », déclare Esther Peter-Davis, directrice de l'association Eco-Conseil à l'origine de l'institut.

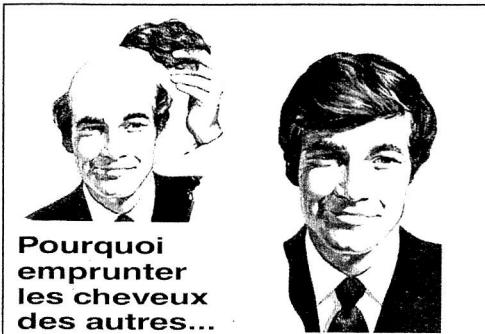
Un moyen détourné pour tenter de pénétrer l'industrie.  
**Isabelle Bourdial**

- Le mois prochain, "Les métiers de l'audiovisuel".

(¹) Rapport de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement.

(²) D'après *les Métiers de la nature et de l'environnement*, d'Anne Galey, aux Editions Stock-Association Emploi-Nature.

(³) Une conférence s'est tenue sur ce thème, lors de ce salon, organisé par *l'Etudiant*, du 14 au 18 mars 1990.



**Pourquoi emprunter les cheveux des autres...  
n'allez pas chercher ailleurs ce que vous possédez déjà**

**la chirurgie esthétique**  
vous fera retrouver par une technique  
**simple - efficace et indolore**  
votre **VRAIE** chevelure  
poussant naturellement souple et vivante,  
s'éclaircissant au soleil et s'argantant avec  
l'âge, car jamais plus vos cheveux ne tomberont.

**CLINIQUE DU ROND-POINT  
DES CHAMPS-ÉLYSÉES**  
(Autorisation Ministère de la Santé du 23-10-1950)  
61, AV. F.-D. ROOSEVELT, 75008 PARIS - 43 59 49 06 / 71 63  
Consultation gratuite et documentation envoyée sur demande

NOM .....  
ADRESSE ..... SV 05

## **COMMENT S'EN DÉBARRASSER ?**

(suite de la page 115)

c'est-à-dire essentiellement les matières organiques et divers (feuilles volantes, couches-culottes...) qui suivront la filière normale de traitement.

Une ville de 175 000 habitants, comme Fribourg, en RFA, récupère chaque année de cette façon 21 000 t de ses déchets ménagers. En décembre 1989, une expérience pilote a été lancée avec 150 000 habitants de la ville de Dunkerque (soit environ la moitié de la population) et avec le soutien technique de l'Agence régionale de l'énergie et des Transformateurs. 23 000 "écopoubelles" de couleur bleue (les autres sont vertes) destinées à recevoir les déchets recyclables ont été déjà distribuées et sont vidées deux ou trois fois par mois par les véhicules de collecte habituels. A terme, 45 000 écopoubelles doivent être attribuées. Les matériaux sont acheminés vers un centre de tri où ils sont, pour l'essentiel, triés manuellement. Seuls les métaux ferreux sont extraits par aimantage. L'objectif est de recycler le quart des ordures ménagères de la ville, soit 11 000 t de matériaux.

Les avantages de ce système sont multiples. Tout d'abord, les matériaux sont propres, puisqu'ils ne sont pas souillés par les déchets organiques, et de bonne qualité ; ils se revendent donc mieux.

Ensuite, en réduisant le volume des déchets ménagers qui suivent la filière normale, il est possible de réduire d'autant la taille (et donc l'investissement) d'une usine de traitement neuve, ou de prolonger la durée de vie des installations existantes. A ce propos, la majorité des éléments combustibles — c'est-à-dire les papiers, cartons et plastiques qui représentent à eux trois environ 80 % du pouvoir calorifique des ordures ménagères — ayant été retirée lors du tri chez les particuliers, le compostage semble être la solution la mieux appropriée.

Par ailleurs, en déduisant la vente des matériaux récupérés, la collecte sélective à Dunkerque devrait revenir selon les prévisions à 170 F la tonne de déchets recyclés, investissement main-d'œuvre et achat de l'écopoubelle compris. Le coût du compostage (ou de l'incinération) se situant en moyenne entre 200 et 300 F/t, il est possible d'envisager une économie de 30 à 130 F par tonne de déchets soustraits à la filière normale de traitement. Ce qui est loin d'être négligeable, et des villes comme Lille, Boulogne-sur-Mer, Montpellier et surtout Chambéry, qui doit se lancer aussi prochainement dans la collecte sélective, suivent l'expérience avec un grand intérêt. Pour l'instant, le tri des particuliers et le tri à l'usine donnent satisfaction, mais il faudra attendre encore plusieurs mois pour tirer les premières conclusions de cette méthode dont la réussite dépend de nombreux facteurs. D'abord, la col-

lecte doit être parfaitement organisée et la population informée et motivée par une solide campagne de communication. Trier ses déchets dans deux poubelles est une habitude qui peut se prendre facilement, mais tous les Français ne sont pas forcément aussi disciplinés que les Flamands ou les Allemands... Or, la qualité du tri des particuliers est déterminante. Ensuite, ce système ne peut s'étendre aux zones urbaines, où la densité d'immeubles est trop importante (il faut de la place pour les deuxièmes pouolettes !) et encore moins si ceux-ci sont équipés de vide-ordures où tous les déchets sont forcément mélangés. L'expérience de Dunkerque se déroule d'ailleurs dans la zone essentiellement pavillonnaire de la ville.

Enfin, le débouché des matériaux recyclés doit être assuré pour garantir la rentabilité de l'opération. Michel Rostagnat, chef du service "déchets" au ministère de l'Environnement, estime que les industriels acheteurs doivent s'engager sur un prix minimal. C'est le cas à Dunkerque mais seulement pour trois ans, alors que l'usine a été amortie sur quinze ! La Commission européenne prépare à ce propos, sous la pression de la RFA et du Benelux, une directive obligeant chaque Etat-membre de la CEE à recycler ou à valoriser énergétiquement au moins 70 % de sa consommation d'emballages de liquides alimentaires. Deux solutions peuvent permettre d'atteindre cet objectif sans doute ambitieux : l'instauration d'une consigne, notamment sur les bouteilles en PVC. Or, ni les industriels ni la grande distribution n'en sont partisans. Ou bien encore l'organisation d'un véritable marché de la récupération, qui garantisse aux recycleurs des prix stables, quels que soient les cours des matières premières.

Au ministère de l'Environnement, on estime que trois grandes filières de traitement des ordures ménagères pourraient se développer à l'avenir : la mise en décharge contrôlée, avec récupération du méthane produit par les fermentations, comme c'est le cas à Villeparisis (Seine-et-Marne), pour les zones rurales peu denses rassemblant entre 20 000 et 50 000 habitants ; la collecte sélective (si l'expérience de Dunkerque est concluante), puis le compostage entre 50 000 et 150 000 habitants ; et au-delà, l'incinération sous l'expressse réserve que cendres et mâchefers soient séparés et maîtrisés.

Mais, pour les déchets, l'histoire récente est si riche de plans et de projets qui n'ont jamais abouti que la prudence est de mise. Citons pour mémoire les procédés Hydromer et Biopresse, qui consistaient à comprimer les ordures à de très fortes pressions (entre 800 et 1 000 bars) pour séparer les déchets organiques du reste, revendu comme combustible. L'idée était astucieuse, mais les problèmes techniques trop nombreux. Ensuite, la technique Revalor'd avait pour objectif de réaliser, en amont de l'usine de traitement, un tri uniquement mécani-

que des ordures en vue de sélectionner les matériaux de récupération (alors qu'à Dunkerque le tri est manuel et les ordures prétriées). Une unité de 128 000 t a été installée en 1978 à Nancy. Malheureusement, l'objectif de récupération de 20 % n'a jamais été atteint et le coût du traitement est devenu prohibitif. Défaillances techniques là aussi.

La production de combustibles solides d'ordures ménagères vendus en bouchons a connu un certain essor entre 1973 et le début des années 1980. Mais les techniques de production furent vraiment au point au moment où les cours du pétrole ont chuté... Enfin, dernier exemple en date, la méthanisation selon le procédé Valorga a été sauvée de justesse. L'objectif est d'obtenir à partir de déchets ménagers à la fois du biogaz (104 m<sup>3</sup>/t) destiné à être réinjecté après traitement dans le réseau, du compost et de l'énergie après incinération des imputrescibles. Une usine d'une capacité annuelle de 110 000 t a été mise en service l'an passé à Amiens, mais des erreurs de conception (surdimensionnement en particulier) ont bien failli entraîner sa fermeture en février dernier. Finalement, la ville d'Amiens a conclu tout récemment un accord avec la société Valorga Processe, composée de Gaz de France, de SPIE-Batignolles et d'Idex, qui a repris l'affaire cet été. Le procédé n'est pas remis en cause tant aux plans technique qu'économique, mais des investissements de "mise en conformité" pour un montant de 24 à 32 millions de francs vont être réalisés pour traiter 80 000 t d'ordures par an à un coût d'exploitation de 146 F/t, amortissement non compris. Devant tant de complications et d'incertitudes, on peut se demander s'il ne serait finalement pas plus simple de commencer par produire moins de déchets. L'idée en est suggérée dans la loi-cadre de 1975, mais les nouveaux modes de consommation de l'homme occidental ne vont pas dans ce sens. La civilisation du four à microondes, du plat cuisiné, du surgelé et des salades de quatrième gamme (pré découpées et ensachées), multiplie à l'infini le recours aux emballages. Des sacs plastiques biodégradables fabriqués à partir d'amidon (voir *Science & Vie* n° 866) ont bien été lancés cet automne, à grand renfort de publicité, mais ils mettent cinq ans à se détruire (contre deux cents ans, il est vrai, pour les polyéthylènes classiques). Une solution consisterait à rendre le fabricant ou le vendeur plus responsable de la destination finale de son produit devenu déchet. De ce point de vue, le ministère de l'Environnement prévoit d'obliger prochainement les distributeurs d'huile pour moteurs automobiles à installer sur leurs lieux de vente des points de collecte pour les huiles de vidange, dont 160 000 t sont répandues chaque année dans la nature (voir encadré p. 110).

A coup sûr, de gros efforts d'information et

surtout d'éducation sont nécessaires pour changer les habitudes et les modes de pensée. Mais nos sociétés, capables de formidables prouesses technologiques, veulent-elles vraiment résoudre le problème de leurs déchets ? Pour l'instant non ! Avec 900 millions de francs (soit moins de 1 % du budget de l'Etat), le budget du ministère de l'Environnement pour 1990 est cinq fois inférieur aux dépenses que la seule firme chimique allemande BASF (dont l'intérêt pour l'environnement reste à prouver) consacre à la protection de l'environnement. Et que les Transformateurs sont obligés, certaines années, de réaliser des prestations de service supplémentaires pour équilibrer leurs comptes (entre autres, des études pour le compte d'entreprises ou de municipalités).

Tout confondu, le traitement des déchets en France représentait pourtant en 1986 un marché de 45 milliards de francs, que des groupes comme la Lyonnaise des Eaux et la Générale des Eaux, et plus récemment Bouygues (pour ne citer qu'eux) se disputent également. Sans compter plus de 100 000 emplois, dont environ 20 000 uniquement dans les métiers de la récupération. Gageons qu'ils seront encore plus nombreux en l'an 2000. En ces temps de chômage, qu'attendons-nous, comme le demande Brice Lalonde, pour « regarder nos déchets en face » ?

Marc Mennessier

**NOUVEAU**  
**MICRO-ESPION**  
**TX 2007**

**240 F**  
SEULEMENT

**GARANTI 3 ANS**

# UNE OREILLE PARTOUT!

Pour tout surveiller, tout découvrir, tout savoir, à distance et discrètement.

**TRÈS SIMPLE :** une pile 9 volts à brancher, c'est tout !  
Dès lors, il émet pour vous.

**TRÈS DISCRET :** très petit, sans fil, sans antenne si nécessaire, fonctionne sans bruit.

**TRÈS EFFICACE :** il vous renvoie en direct tous les bruits, les conversations de l'endroit où il est placé. Vous recevez cette émission à distance (jusqu'à 5 km et plus) sur un SIMPLEX POSTE DE RADIO en FM, auto-radio, radio K7, walkman FM, chaîne stéréo, etc... et vous entendez tout, tout !  
Copie un chuchotement à 10 m.

**TRÈS, TRÈS UTILE...** pour surveiller enfants, molades, magasins, bureaux, maisons, garages, et résoudre tous les problèmes de vols, débrouillages, escroqueries, etc...

**UNE VRAIE RADIO-LIBRE (0 km) : pour écouter tout ce qui passe**  
TECHNIQUE : Fréquence : 88.115 MHz - Alimentation : 9 à 18 volts si nécessaire  
Pile 9 volts  
120 F

**ESSAYEZ VITE CET APPAREIL, MEILLEUR RAPPORT QUALITÉ-PRIX : PLUS DE 100 000 APPAREILS VENDUS A CE JOUR**  
(nous sommes fabricants, nous fournissons administrations, police, armée, embassades, détectives, gardiennages, tous professionnels, etc...)

**COMMANDEZ AUJOURD'HUI**

**BON DE COMMANDE CI-DESSOUS**

Par téléphone 24 h/24 - 91 92 39 39 + . Télécopie : 91 42 11 85 - Télécopie : 402 440 F. **Envoyez discret et rapidement. RECOMMANDÉ**

**BON DE COMMANDE**

à découper ou recopier et retourner vite à :

Laboratoires PRAGMA - BP 26 - 31 Rue Jean-Martin - 13351 Marseille Cedex 5

NOM : \_\_\_\_\_  
PRÉNOM : \_\_\_\_\_  
ADRESSE : \_\_\_\_\_  
CODE POSTAL : \_\_\_\_\_ VILLE : \_\_\_\_\_  
PAYS : \_\_\_\_\_

Où je réglerai mon TX 2007 (envoi par avion) au prix unitaire de 210 F + 15 F recommandé urgent.  
\_\_\_\_\_ Piles 9 volts (Alcaline) ou piles 20 F (lithium)  
\_\_\_\_\_ Ajoutez votre catalogue complet (100 produits) originale au prix de 30 francs.  
\_\_\_\_\_ Je joins mon règlement du total \_\_\_\_\_ francs par :  
O FACTURE SVP  
O Chèque à Laboratoires PRAGMA Mandat international (+ 30 F)  
O Envoyez le moins cher au CONTRÔLE REMBOURSEMENT.  
Le paiement 25,00 F de plus au facteur.

S.V.O.S

## LA PERCOLATION ENTRE CONTINU ET DISCONTINU

(suite de la page 44)

analyses numériques exigent une énorme capacité de mémoire et des ordinateurs très puissants. Le but de tous ces travaux est toujours de comprendre comment varient, près du seuil de percolation, les paramètres géométriques des systèmes et leurs propriétés physiques, pour en tirer des lois et des exposants critiques universels, et voir à quel type de transition l'on a affaire.

Car il existe en fait plusieurs sortes de percolation et différents types de transition plus ou moins proches de la percolation. Un thème très étudié en ce moment est par exemple la pénétration de liquides ou de gaz dans un milieu poreux : selon la nature du milieu, les tailles et les écartements des canaux, les viscosités des fluides, leur caractère "mouillant" ou "non mouillant", l'importance de la capillarité, le débit d'injection, etc., on rencontre différentes transitions du genre de la percolation. Ainsi un modèle de "percolation d'invasion" a été imaginé sur le plan théorique par Pierre-Gilles de Gennes (professeur au Collège de France et directeur de l'Ecole de physique et chimie de Paris) et Etienne Guyon (professeur à l'université Paris-Sud et à l'Ecole de physique et chimie de Paris, et actuellement directeur du Palais de la découverte) : leur modèle s'est révélé, par la suite, s'appliquer à la récupération assistée du pétrole.

Quel est ce modèle ? Il utilise encore un réseau, mais dont les liens cette fois ont des largeurs variées : pour prendre une image, il ressemble à une ville avec ses larges boulevards, ses avenues, ses rues et ses ruelles étroites. Imaginons qu'on veuille faire sortir de la ville un énorme objet qui se trouve

en son centre (statue, monument ou autre). Il faudra utiliser un très gros véhicule, mais qui ne devra cependant pas être trop large, sans quoi il ne trouverait aucun chemin à sa mesure jusqu'à une porte de la ville. Quelle largeur de véhicule doit-on choisir pour qu'il puisse sortir de la ville, autrement dit trouver une connexion ? Ce n'est qu'une image, qu'on ne doit pas prendre au pied de la lettre, mais on trouve dans la réalité beaucoup de "réseaux" dont les canaux sont d'inégales largeurs, par exemple des roches poreuses.

Le concept de percolation sert à étudier la récupération des huiles lourdes qui restent au fond de ce type de roches, ce que l'on fait en injectant de l'eau sous pression, qui pousse le pétrole. L'analyse de ce problème est assez complexe dans la mesure où il fait intervenir deux fluides et le milieu poreux. Des simulations numériques et des expériences menées en collaboration entre des laboratoires de recherche fondamentale et l'Institut français du pétrole, permettent de mieux comprendre et donc d'optimiser les processus de récupération.

Comme on le voit, la nature recèle d'innombrables matériaux ou phénomènes concernés, de près ou de loin, par la percolation. Il en est de même pour les objets fabriqués par l'homme. On a parlé des gels, mais on pourrait citer aussi les matériaux composites comportant des résines, et aussi les semi-conducteurs : ceux-ci sont généralement constitués d'une matrice de silicium, isolante, "dopée" par quelques atomes de phosphore apportant un électron supplémentaire. Si la concentration de phosphore est faible, le système reste isolant, mais à partir d'un certain seuil, les atomes de phosphore sont suffisamment proches pour constituer un chemin dans lequel l'électricité peut circuler, et le matériau est devenu conducteur.

On pourrait multiplier les exemples : comment se déchire un tissu mité ? Comment des cheveux longs s'emmêlent-ils par vent fort ? Combien faut-il de gruyère dans un plat de spaghetti pour qu'une fois refroidi, en tirant un spaghetti on entraîne toute la platée ? Toutes ces questions relèvent plus ou moins directement d'un problème de percolation !

L'universalité de la percolation ne se limite pas aux matériaux et aux systèmes physiques. Les sciences de la nature, les sciences sociales, l'écologie se trouvent aussi confrontées à ce genre de transition. Un exemple : il n'est pas utile de tuer un maximum de renards pour stopper la propagation de la rage ; pour une certaine population de renards, le mal reste circonscrit à une région et ne se répand pas sur tout le continent. Autre sujet : la transmission d'une information ou d'une rumeur. Qu'est-ce qui fait que certaines informations restent confinées dans un cercle d'initiés, tandis que d'autres se propagent dans toute la société ?

Hélène Guillemot

## PHOTOGRAPHES ET ILLUSTRATEURS

(Les crédits sont indiqués page par page, de gauche à droite et de haut en bas)

Couverture : Christian Jégou ; p. 2/3 : M. W. Moffett - Dunkley/Votre beauté - Lyonnaise des Eaux - R. Sabatier - J. Orvel/Sipa - J. Andanson - Ernoult ; p. 33/34 : Th. Morin - L. Ferral ; p. 34/35 : DR - SAO ; p. 36/37 : A. Perceval ; p. 39 : K. Mitescu - ESPCI ; p. 40/41 : DR - Towel Schlumberger ; p. 45/47 : A. Meyer ; p. 51 : J.M. Bader ; p. 53 : J. Andanson/Syagma ; p. 55 : I. Correia - B. Harris/Impact ; p. 56/57 : Fourmy/REA - I. Correia ; p. 58/59 : M. W. Moffet ; p. 60/61 : M. Giraud ; p. 62 : M. Giraud - M. W. Moffet ; p. 65 : D. Galland ; p. 66/67 : Magnum - Crown ; p. 69 : J. A. Tyson & R. A. Wenk/A.T. & T Bell Lab and F. Valdes/NOAO ; p. 70/71 : Atelier Barbizon - de Sazo/Rapho ; p. 73 : Chandelle/Jerrican - Campagne - Campagne ; p. 74/75/77 : C. Witt-Deguillaume ; p. 78/79 : L. Douek ; p. 80/81 : C. Witt-Deguillaume - Degremont ; p. 82/83 : J.P. Colin/REA - Le Floch ; p. 84/85 : Pata/Sipa ; p. 86/87 : J.M. Fessol ; p. 88/89 : L. Douek ; p. 91 : J.M. Fessol ; p. 93 : L. Douek ; p. 94/95 : G. Merlin - J.M. Fessol ; p. 96/97 : Borderie ; p. 98/99 : J.M. Fessol - Ch. Borderie ; p. 102/103 : Lovie Psihoyos Matrix/Fovea ; p. 104/105 : I. Python ; p. 106/107 : ANRED - I. Python ; p. 108 : I. Python ; p. 110/111 : Decout/REA - I. Python ; p. 112 : P. Nieto/Jerrican ; p. 114 : J. F. Dumont ; p. 116/117 : Tetrapak - Image Bank ; p. 119 : R. Sabatier ; p. 121 : Maitra/Ernoult Features ; p. 122/123 : C. Lacroix ; p. 127 : P. Storch ; p. 128 : N. Papamiliades - DR ; p. 131 : DR - N. Papamiliades ; p. 133 : DR - N. Papamiliades ; p. 134/135 : DR ; p. 136/137 : R. Bellone ; p. 138/139 : Decoux/REA - E. Malemanche ; p. 141 : R. Sabatier ; p. 145 : M. Toscas/Gal 27 ; p. 146 à 149 : M. Roux-Saget ; p. 151 : M. Toscas ; p. 152 à 154 : M. Roux-Saget ; p. 155 : A. Louchard ; p. 158/159 : DR - M. Toscas ; p. 161 : M. Toscas ; p. 162 à 165 : DR ; p. 166/167 : E. Malemanche - DR ; p. 168/169 : DR - E. Malemanche.

# 1990 : UN NOUVEL AGE DE LA TÉLÉVISION COMMENCE.

HORS SÉRIE

**SCIENCE & VIE** PHOTO VIDEO TV **LA REVOLUTION DES ANNÉES 90**

**INEDIT**  
Premières photos sur carte à puce

**PHOTO 90**  
50 appareils au banc d'essai

Les camescopes hi-fi

Le cinéma sur vidéodisque

Les nouveaux DAT vont arriver

Toutes les TV de poche

M 4011 9004 25,00 F-RD

180 FB - 7 FS - 3.250 Dt - 640 Esc - 700 Ptas - 30 Dh - 5.700 L - \$can 4.50 - USA NYC \$ 5.50

**DOSSIER TV**  
**l'an 1 de la haute définition**

Les mois qui viennent verront débarquer les nouvelles images de la télé haute définition.

Avec elles, c'est une nouvelle façon de vivre l'audiovisuel chez soi qu'il va falloir apprendre.

CD vidéo, photo magnétique, écran géant, antenne satellite ...

Que faut-il acheter et quand ?

D2 MAC, HD-MAC, S-VHS, HI-8,

qu'est-ce qui se cache derrière

le mystérieux jargon des technologies nouvelles ?

Ce numéro spécial de SCIENCE & VIE vous révèle et vous explique tout ce que vous devez savoir sur votre futur environnement image et son.

Un numéro de référence pour les 5 ans à venir.

**PHOTO VIDEO TV. 25 F. Chez votre marchand de journaux.**

Cette publication est exclusivement réservée à la vente au numéro.

# J'en ai rêvé, Sony l'a fait.



En créant la série "CD", SONY a particulièrement étudié les trois éléments essentiels dans l'élaboration d'un casque: la qualité du son, le confort d'écoute et le design. Spécialement conçu pour le son digital, le casque Digital utilise de nouveaux matériaux pour permettre une large reproduction de la bande passante et une profondeur de son inégalable.

Les oreillettes sont larges et ovales; leur façade en céramique composée maintient parfaitement le diaphragme pour une restitution puissante des basses et délicate des aigus et ce, sans aucune distorsion du son. La série "CD" comprend 3 modèles, le MDR-CD999 (modèle présenté), le

MDR-CD777 et le MDR-CD555. SONY en est le créateur.

# SONY

*le créateur*

Où trouver les Casques SONY? Minitel 36.15. Code d'accès: SONY.