

UN BÉLUGA  
POISSIERE (p.50)

PER  
J-69

# QUÉBEC SCIENCE

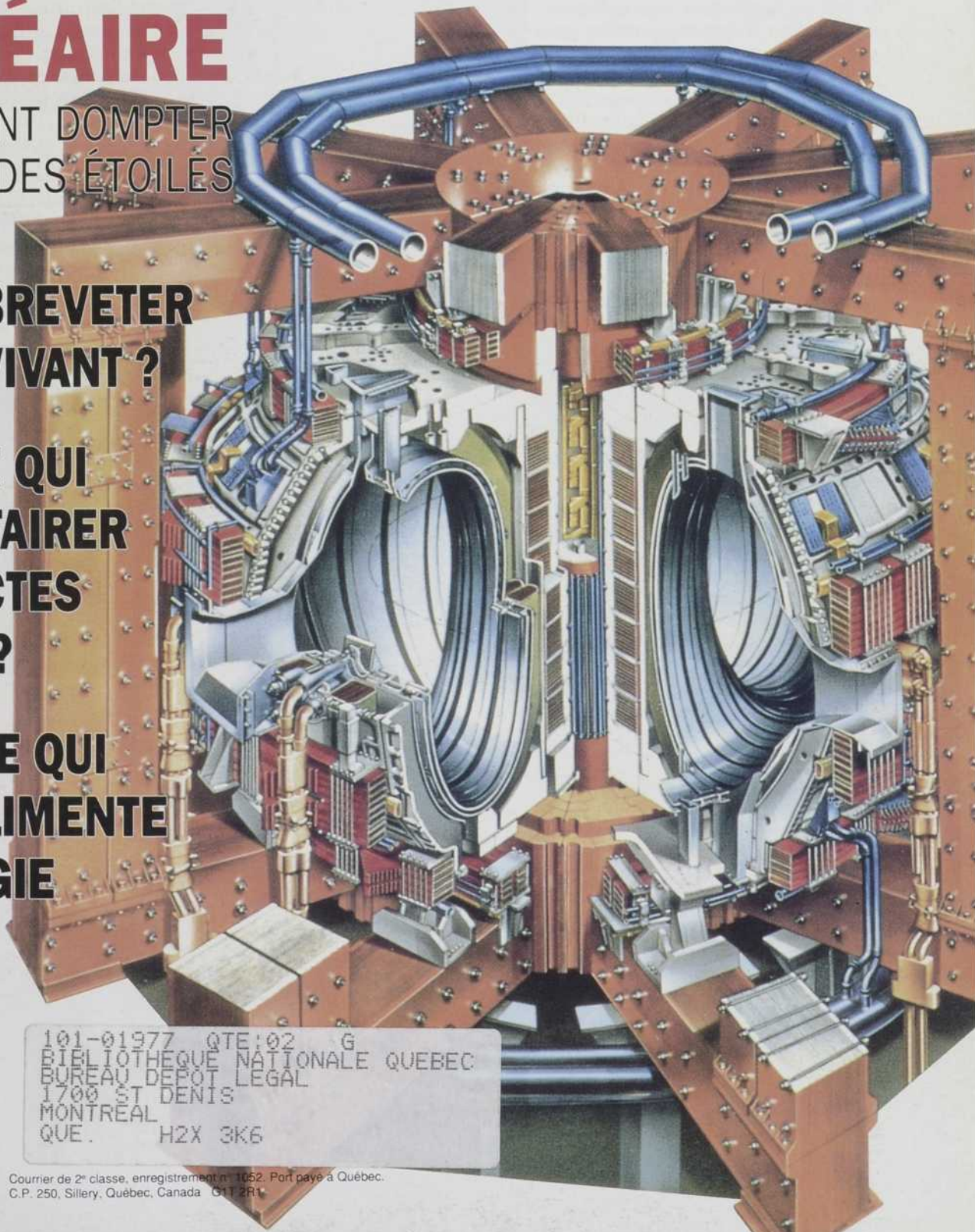
## LA FUSION NUCLÉAIRE

OU COMMENT DOMPTER  
L'ÉNERGIE DES ÉTOILES

PEUT-ON BREVETER  
UN ÊTRE VIVANT ?

QU'EST-CE QUI  
FAIT S'AFFAIRER  
LES INSECTES  
SOCIAUX ?

UN ÉDIFICE QUI  
S'AUTOALIMENTE  
EN ÉNERGIE



101-01977 QTE:02 G  
BIBLIOTHEQUE NATIONALE QUEBEC  
BUREAU DEPOT LEGAL  
1700 ST DENIS  
MONTREAL  
QUE. H2X 3K6



# *Il y a les TÉLÉCOPIEURS, et il y a «L'APPROCHE TÉLÉCOPIE» de BELL.*

C'est une question de vue d'ensemble.

Chez Bell, notre approche en matière de télécopie tient compte de la globalité de vos besoins. Nous vous offrons un choix de télécopieurs, différentes modalités de paiement, un forfait interurbain, un service de diagnostic 24 heures et, bien sûr, la ligne de transmission.

#### **LES TÉLÉCOPIEURS DE BELL : AUSSI VARIÉS QUE VOS BESOINS**

Si les vôtres sont limités, le modèle compact TF181 de Bell est la solution tout indiquée. Très abordable, il est idéal pour le bureau, et même pour la maison.

Si par contre vous transmettez un fort volume de documents, les modèles IMAGEFAX<sup>mc</sup> 505 et 505S vous aident à économiser du temps ; ils permettent de recevoir des documents tout en mettant en attente ceux qu'on veut envoyer.

De plus, le 505S transmet une page en seulement 6 secondes.

#### **UN CHOIX DE MODALITÉS DE PAIEMENT**

Notre approche vous permet aussi de choisir entre l'achat pur et simple et la location avec le Contrat à tarifs

fixes assorti de la garantie de service de Bell.

#### **L'OPTIMISATION DE VOS COÛTS AVEC LE FORFAIT FAXCOM<sup>mc</sup>**

Le forfait FAXCOM<sup>mc</sup> vous aide à tirer le maximum de votre budget de télécommunications ; il vous donne droit à des tarifs réduits pour vos transmissions interurbaines par télécopieur, au Canada ou aux États-Unis et ce, quel que soit le fournisseur de votre appareil.

#### **L'INTÉGRATION PRODUIT-SERVICE**

En choisissant le même fournisseur pour votre ligne et votre télécopieur, vous avez l'assurance d'un service rapide et efficace en tout temps. En cas d'anomalie, un simple appel à notre centre de diagnostic 24 h et nous décelons la nature du problème, quelle qu'en soit l'origine.

*Choisir un télécopieur chez Bell, c'est opter pour une gamme de solutions intégrées qui augmentent la productivité de votre entreprise. «L'approche télécopie», c'est une question de vue d'ensemble.*

*Pour en savoir plus long, appelez-nous au 1 800 668-BELL.*



**Bell**

des gens de parole

## ARTICLES

### La fusion thermonucléaire

#### 16 L'étincelle a duré... deux secondes !

*Produire sur Terre la même énergie que le Soleil, dans des réacteurs sûrs et propres – un défi de plusieurs milliards de dollars et de dizaines d'années.*

Par Pierre Sormany

#### 19 À la poursuite d'un plasma stable

*C'est peut-être un laboratoire européen qui détient tous les records actuels de la fusion, mais la contribution canadienne à l'effort international a plus d'une facette.*

Par Guy Paquin

#### 22 ITER, le mastodonte international

*Le débat est ouvert : pour les ingénieurs, il est temps de cesser les expériences et de commencer à construire, pour produire de l'énergie thermonucléaire.*

Par Marie-Noëlle Delatte

#### 26 Le vivant sous brevet

*Peut-on breveter une souris, une plante ou une bactérie transformée génétiquement ? La réponse ne va pas de soi et sera lourde de conséquences.*

Par Jean-Marc Fleury

#### 32 Les insectes sociaux : une question de chimie

*Elle est bien révolue l'époque où l'observation des abeilles et des fourmis était réduite à des comparaisons avec les comportements humains.*

Par René Caissy

#### 40 Un édifice qui s'autoalimente en énergie

*Il y a l'énergie fossile, l'énergie solaire... mais il y a aussi l'activité humaine. Grâce à la chaleur dégagée par celle-ci, le siège social d'Ontario Hydro se chauffe sans fournaise.*

Par Benoît Legault



Page 16



Page 26



Page 32



Page 40

## CHRONIQUES

### 7 ACTUALITÉ

*Le cobalt à l'assaut des bactéries*

*Arnaque à la cortisone*

*Prescrire des neuroleptiques : un coup de dés*

*La religion en 1991*

*Le Patriote : héros surfait de la guerre du Golfe ?*

*Ne faites pas la sourde oreille*

*De la moutarde canadienne en Inde*

*Les fœtus jumeaux mis au régime*

*Transformer la boue d'épuration en engrais*

*On révisite à Gentilly 2*

*L'ingénierie expose*

*Les dangers du sommeil*

*Un test pour le sang artificiel*

*Le dépérissement des érables : un mal pour un bien ?*

*Ostéoporose : marchez et buvez du lait*

*Le son des poumons*

### 44 LA DIMENSION CACHÉE

*La trousse de toilette (2<sup>e</sup> partie)*

Par Raynald Pepin

### 5 ENTRE LES LIGNES

### 48 EN VRAC

### 49 À LIRE

*L'état des sciences et des techniques*

*Guide des choix technologiques de diffusion*

### 50 DANS LE PROCHAIN NUMÉRO

QUÉBEC SCIENCE, magazine à but non lucratif, est publié 10 fois l'an par les Presses de l'Université du Québec. La direction laisse aux auteurs l'entière responsabilité de leurs textes. Les titres, sous-titres, textes de présentation et rubriques non signés sont attribuables à la rédaction. Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés. Téléc: 051-31623. Dépôt légal: Bibliothèque nationale du Québec Premier trimestre 1992, ISSN-0021-6127 Répertoire dans Point de repère et dans l'Index des périodiques canadiens. © Copyright 1992 - QUÉBEC SCIENCE PRESSES DE L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

Imprimé sur papier contenant 50 % de fibres recyclées et 20% de fibres désencrées (post-consommation)



# LES AVANTAGES D'ÊTRE

LE MAGAZINE QUÉBEC SCIENCE  
OFFRE À SES MEMBRES  
UNE SÉRIE D'AVANTAGES  
TOUS PLUS INTÉRESSANTS  
LES UNS QUE LES AUTRES.

EN VOICI UN AUTRE EXEMPLE !

# Membre DE LA FONDATION QUÉBEC SCIENCE

## POUR LE CŒUR ET L'ESPRIT

### GÉNIES EN HERBE

Pour le plaisir de tester vos connaissances  
ou pour en acquérir davantage !  
3 500 questions couvrant tous les domaines du  
savoir font de ce jeu-questionnaire, qui reprend  
la formule de l'émission de Radio-Canada,  
un divertissement de qualité.

Non-membre : 46,15 \$  
**MEMBRE : 29,99 \$**

### L'HOMME QUI PLANTAIT DES ARBRES

SUR VIDÉOCASSETTE (Spécifiez VHS ou Beta)  
Gagnant de l'Oscar du meilleur court métrage  
d'animation en 1987  
On retrouve sur cette vidéocassette deux autres  
films ayant remporté des mentions d'excellence :  
CRAC ! et Illusion ?

Non-membre : 34,61 \$  
**MEMBRE : 22,50 \$**

JUSQU'À  
**35%**  
DE RÉDUCTION



Pour devenir membre, remplissez  
le coupon se trouvant à la page 43  
et faites-le parvenir avec votre  
paiement à Québec Science.

Tous les membres en règle de la  
Fondation Québec Science reçoivent  
périodiquement le *Catalogue  
des avantages de Québec Science*.

Vous pouvez également, sans être membre, recevoir  
gratuitement un exemplaire du catalogue pour vous  
rendre compte de tous les avantages que vous pourrez retirer  
à devenir membre de Québec Science. Remplissez simplement  
le coupon en page 60 et cochez la case « Catalogue  
seulement », ou encore, téléphonez-nous.

Près d'une centaine de produits  
et de services différents sont offerts aux  
membres avec des escomptes pouvant  
atteindre 50% de réduction sur le prix  
régulier. Ces réductions *réservées  
exclusivement aux membres*  
touchent les produits et services  
suivants:

- Livres scientifiques ou de vulgarisation • Albums de collection sur la nature • Dictionnaires • Jeux scientifiques et jeux éducatifs • Affiches sur la nature et l'univers • Vidéocassettes • Télescopes • Jumelles • Microscopes • Ensembles d'observation de la nature • Sacs à dos et de voyage • Sacs de couchage • Mini-lampes de poche • Boussoles • Baromètres et thermomètres électroniques • Appareils de mesure • Calculatrices • Agendas électroniques • Guides de plein air • Croisières aux baleines • Séjours dans des centres de santé • etc.

VOUS POUVEZ OBTENIR LE CATALOGUE DÉCRIVANT LES AVANTAGES D'ÊTRE MEMBRE DE LA FONDATION QUÉBEC SCIENCE  
EN VOUS ADRESSANT À :

Québec Science, C.P. 250, Sillery, Québec G1T 2R1 • Tél. : (418) 657-3551, poste 2854 • Téléc. : (418) 657-2096

## ÉDITEUR

Jacki Dallaire

## RÉDACTION

Directeur de la rédaction  
Pierre Sormany

### Comité de rédaction

Jean-Marc Fleury, Benoît Godin, Pierre Sormany,  
Patrick Beaudin, Carole Caron,  
Michel Groulx, Félix Maltais,  
Danielle Ouellet, Gilles Parent, Raynald Pepin

### Collaborateurs

René Caissy, Suzanne Champoux,  
Marie-Noëlle Delatte, Yves Gagnon, Yvon Larose,  
Benoît Legault, Guy Paquin, Raynald Pepin,  
Suzanne Philibert, Pierre Saint-Yves  
Agence Science-Press (514) 522-1304

### Ajointe à la rédaction

Patricia Larouche

### Révision linguistique

Robert Paré

## PRODUCTION

Conception graphique  
Richard Hodgson

Recherches iconographiques  
Ève-Lucie Bourque

### Photo couverture

Stuart Franklin - Sygma / Publiphoto

### Séparation de couleurs

Les ateliers haut registre inc.

### Impression

Imprimerie l'Éclairéur

## COMMERCIALISATION

Directeur du marketing  
Gilles Lachance

### Promotion

Marie Prince

### Publicité

Jocelyne Savard

### Abonnements

Nicole Bédard

### Distribution en kiosques

Messageries dynamiques

Québec Science reçoit l'aide financière  
du gouvernement du Québec (Programme de soutien  
aux revues de culture scientifique et technique)  
et du réseau de l'Université du Québec.

Membre de:  The  
Audit Bureau **CPPA**

Québec Science est produit gratuitement sur cassette  
par l'Audiothèque, pour les personnes  
handicapées de l'imprimé. Tél.: (418) 648-2627

## Abonnements

|               |                               |          |
|---------------|-------------------------------|----------|
| Au Canada:    | 1 an (10 numéros):            | 29,96 \$ |
|               | Groupe (10 ex./même adresse): | 26,75 \$ |
|               | 2 ans (20 numéros):           | 52,43 \$ |
|               | 3 ans (30 numéros):           | 72,76 \$ |
|               | A l'unité:                    | 3,25 \$  |
| À l'étranger: | 1 an (10 numéros):            | 39,00 \$ |
|               | 2 ans (20 numéros):           | 68,00 \$ |
|               | 3 ans (30 numéros):           | 95,00 \$ |
|               | A l'unité:                    | 4,00 \$  |

Pour la France, faites votre chèque à l'ordre de:  
DAWSON FRANCE, B.P. 57  
91871 Palaiseau, Cedex, France

Pour abonnement ou changement d'adresse:  
QUÉBEC SCIENCE  
C.P. 250, Sillery G1T 2R1

*Entre les lignes*

## FUSION : DE LONDRES À VARENNES

**E**n novembre dernier, des chercheurs européens annonçaient qu'ils avaient réussi la première fusion forcée d'atomes d'hydrogène et de deutérium à l'intérieur d'une enceinte magnétique géante, le Joint European Torus. Une percée modeste, certes : quelques secondes à peine de réaction nucléaire. Mais ces quelques secondes, on les attendait depuis près de 25 ans, depuis que les chercheurs soviétiques ont développé le premier tokamak.

Le dossier de la fusion thermonucléaire contrôlée, Québec Science l'avait abordé une première fois déjà en 1973, alors que les succès soviétiques relançaient les programmes américains et britanniques. Nous y sommes revenus à quelques reprises depuis, notamment en 1981, quand le Québec s'est lancé dans la course, en dotant le centre de recherche en énergie de Varennes d'un premier tokamak expérimental. L'annonce de l'automne dernier a donc fourni à Guy Paquin une excellente occasion pour faire le point sur les résultats obtenus avec le tokamak de Varennes, alors que Marie-Noëlle Delatte explore pour nous les enjeux du programme de coopération internationale annoncé un peu plus tôt l'an dernier.

La recherche sur la fusion thermonucléaire progresse lentement malgré tout. On parle des premières vraies centrales pour... l'an 2050 peut-être, ou même 2100 ! Nous aurons en tout cas le temps d'y revenir, pour s'interroger entre autres sur les espoirs démesurés que l'on place parfois dans cette énergie supposément inépuisable et propre, mais qui semble fuir sans cesse, à mesure qu'on croit s'en approcher.

Le domaine des biotechnologies connaît quant à lui un développement beaucoup plus rapide. Nul n'en parlait il y a 25 ans, et pour cause : la découverte des enzymes capables de découper le matériel génétique des cellules vivantes date du tournant des années 70. Et ce n'est qu'en 1976, à la conférence d'Asilomar, en Californie, que la communauté scientifique a vraiment compris qu'elle détenait désormais des outils puissants, pour manipuler le vivant. Quinze ans à peine ont passé, et nous voici au cœur d'un débat majeur : ces être vivants « inventés » par l'être humain peuvent-ils appartenir à leur créateur ? Peut-on accorder des brevets sur des fragments génétiques naturels, simplement parce que tel chercheur fut le premier à les identifier ? Au cours des prochains mois, les plus hauts tribunaux de plusieurs pays auront à se prononcer sur ces questions, dont Jean-Marc Fleury nous décrit ici les enjeux.

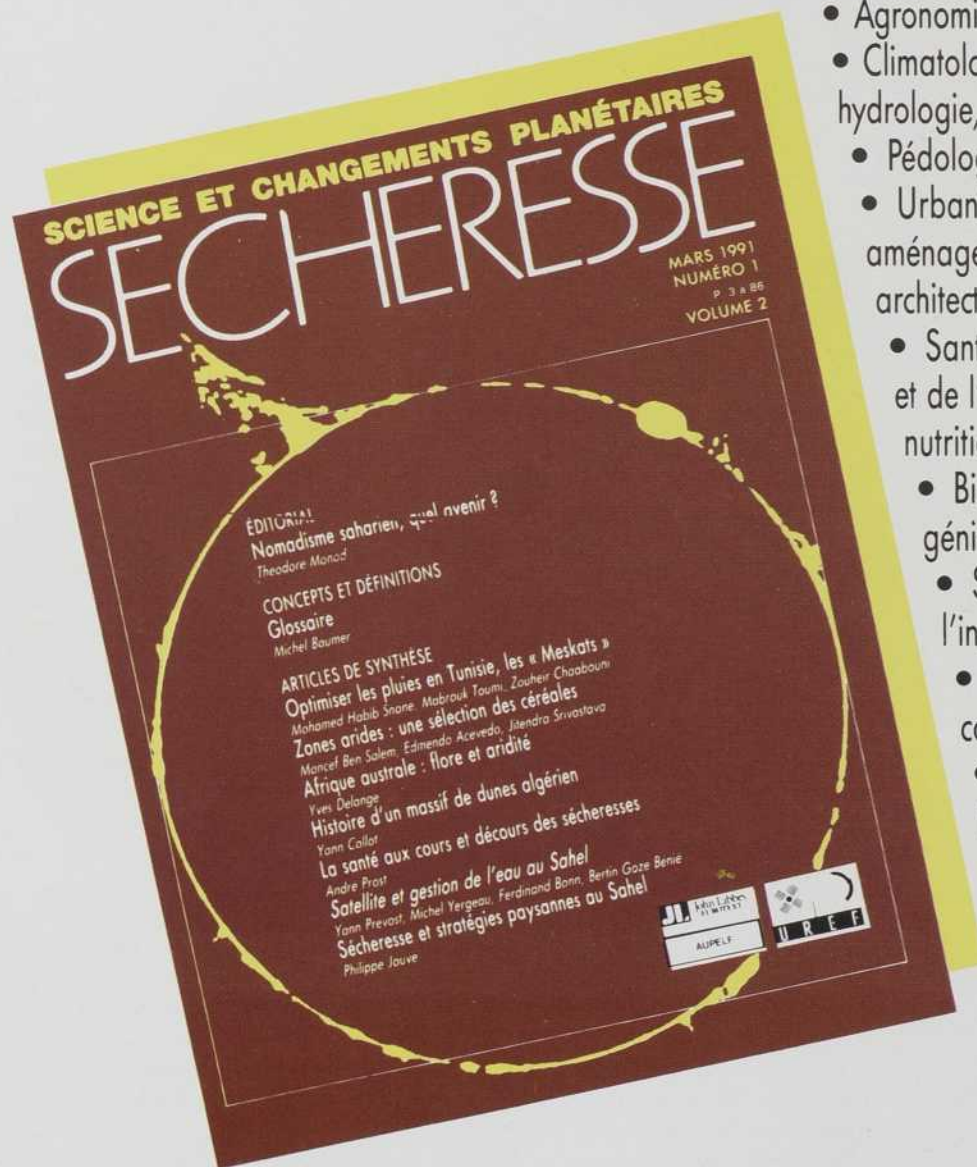
Un numéro orienté sur l'avenir, en somme, ce qui ne nous a pas empêchés de jeter un rapide coup d'œil sur un édifice construit à Toronto il y a une quinzaine d'années déjà, mais qui demeure pourtant « révolutionnaire ». Puis, plus loin dans le passé, nous vous invitons à suivre la trace des insectes sociaux. René Caissy nous entraîne dans une exploration fascinante de ce monde où la chimie (et parfois la danse) sert de langage.

Bonne lecture !

La rédaction

# GLOBALLEMENT

TOUTES LES SCIENCES



- Agronomie, élevage, écologie
- Climatologie, météorologie, hydrologie, géographie
- Pédologie, géologie
- Urbanisme, aménagement du territoire, architecture rurale
- Santé de l'homme et de l'animal, nutrition
- Biologie, génie génétique
- Sciences de l'ingénieur
- Education, communication
- Droit international

(4 numéros/an)



## Bulletin d'abonnement

Veillez m'abonner au tarif :

Particulier (US\$ 75)

Institution (US\$ 130)

Etudiant (US\$ 55)

Je joins un chèque à l'ordre de : John Libbey Eurotext, Sécheresse

Nom .....

Fonction .....

Adresse .....

Retournez ce bulletin à : John Libbey Eurotext - AUPELF/UREF, Monsieur Bertrand PIREL - BP 400, succursale Côte des Neiges, Montréal - Québec - CANADA - H3S 2S7

**P**our la conservation des aliments, l'irradiation et la réfrigération sont comme larrons en foire. Ces techniques sont en effet complémentaires. L'irradiation peut réduire la capacité de germination des pommes de terre ou des oignons, mais elle n'empêche pas une tomate de mûrir. Elle tue les insectes et les microorganismes, mais ne stérilise pas les aliments. Par contre, elle augmente la durée de conservation au froid et diminue les risques d'intoxications, particulièrement celles qui sont attribuables aux bactéries qui se multiplient même à basse température.

Le Canada fait figure de chef de file dans ce domaine. En effet, le centre de recherche d'EACL (Énergie atomique du Canada Ltée) à Pinawa, au Manitoba, le CRDA (Centre de recherche et de développement des aliments), à Saint-Hyacinthe, et le CIC (Centre d'irradiation du Canada), à Laval, possèdent tous une unité consacrée à l'irradiation des aliments.

En 1990, à l'initiative du CRDA, un comité de coordination regroupant ces trois organismes a été créé. « Notre premier mandat fut d'identifier l'expertise de chaque établissement, commente Michèle Marcotte, ingénieure au CRDA et présidente du comité de coordination. Nous avons ensuite mis sur pied deux projets faisant appel aux diverses compétences. L'un concerne l'irradiation de poulets emballés et l'autre étudie l'association irradiation-emballage sous atmosphère modifiée pour la conservation des champignons. »

L'inocuité des radiations est établie depuis longtemps ; les quelques kilograys utilisés (entre 2 et 10 kGy en moyenne) ne peuvent rendre un poulet radioactif, pas plus qu'une radiographie ne transforme nos poumons en source nucléaire. Encore faut-il s'assurer qu'il n'y ait pas migration de substances de l'emballage vers le produit. Les autorités américaines ont dressé une liste d'emballages acceptés pour l'irradiation des aliments. « Cette

## LE COBALT À L'ASSAUT DES BACTÉRIES



Ève-Lucie Bourque

réglementation, bien qu'elle soit utile, ne suit pas l'évolution très rapide des matériaux barrières, souligne Mme Marcotte. Ainsi, les plastiques multicouches mis au point ces dernières années sont de plus en plus utilisés, mais nous ne connaissons pas leur comportement sous irradiation. C'est donc l'un des objectifs que nous nous sommes fixés au CRDA. »

Même si elle a été acceptée en théorie dans près de quarante pays, dont le Canada, depuis les années 50, l'irradiation des aliments est en fait très peu utilisée à l'échelle commerciale. Les deux raisons principales sont la résis-

tance et les appréhensions des consommateurs, et les coûts élevés du procédé.

Pour Mme Marcotte, l'approvisionnement des pays occidentaux en fruits tropicaux permettra peut-être à l'irradiation de percer sur les marchés, car il s'agit là de la meilleure méthode pour débarrasser ces denrées des insectes nuisibles et pour prolonger leur temps de conservation. Avec le développement des études en toxicologie des emballages, on devrait aussi voir l'arrivée de plats cuisinés dont la fraîcheur serait assurée par l'irradiation.

Suzanne Champoux  
Agence Science-Presses

## ARNAQUE À LA CORTISONE

Un adulte sur quatre souffre de maux de dos. Souvent difficile à diagnostiquer avec certitude, cette affection donne parfois lieu à des traitements dont les bases scientifiques sont peu solides. Ainsi, il est à la mode de prescrire des injections de cortisone, un traitement douloureux et coûteux. Est-ce efficace ? Pour le savoir, des chercheurs de la Faculté de médecine de l'Université Laval ont soigné des patients victimes de douleurs lombaires, en injectant à la moitié d'entre eux de la coûteuse cortisone et à l'autre moitié de la vulgaire eau salée. Résultat : l'état de 42 % des patients traités à la cortisone s'est amélioré au bout d'un mois... de même que l'état du tiers des patients traités à l'eau salée ! (ASP)

## PRESCRIRE DES NEUROLEPTIQUES : UN COUP DE DÉS

Un tiers de tous les enfants et adolescents traités à l'aide de neuroleptiques dans un hôpital psychiatrique de New York ont développé des symptômes de parkinson, principalement rigidité musculaire et mouvements ralentis. Ces symptômes désagréables avaient des conséquences dans leurs activités quotidiennes et souvent persistaient pendant des semaines ou des mois après que l'on eut cessé la médication.

Selon les auteurs d'une recherche dirigée par la psychologue Mary Ann Richardson, du Nathan S. Cline Institute for Psychiatric Research d'Orangeburg dans l'État de New York, et publiée originellement dans l'*American Journal of Psychiatry*, la mise en évidence de ce phénomène devrait avoir des conséquences cliniques importantes pour le traitement d'enfants et d'adolescents perturbés.

Par contre, selon la même étude, seulement un jeune sur huit ayant pris ces médicaments pendant au moins trois mois a développé des symptômes de dyskinésie tardive. Celle-ci est un syndrome qui comporte des mouvements rapides et involontaires de la bouche, des lèvres, de la langue ou du corps. Un quart des adultes qui prennent des médicaments antipsychotiques développent ce genre de symptômes.

De plus, selon un autre participant à l'étude, le psychiatre C. Thomas Gualtieri, de l'Université de Caroline du Nord à Chapel Hill, des neuroleptiques sont encore prescrits à des enfants perturbés qui éprouvent des troubles de comportement, alors qu'il n'existe aucune justification médicale pour ce faire. On parle de troubles de comportement quand un enfant persiste à voler, à se battre, par exemple, ou qu'il manifeste d'autres dispositions violentes. L'habitude de prescrire ce genre de médicaments,

pour contrôler l'agressivité et les comportements violents chez de jeunes Américains affectés de diagnostics comme la débilité ou l'autisme, s'est répandue au début des années 80. Actuellement, selon le Dr Gualtieri, cette pratique serait en baisse.

L'étude dirigée par Richardson portait sur un groupe de 104 jeunes, âgés de quinze ans en moyenne, présentant divers problèmes psychiatriques : des simples troubles de comportement à la schizophrénie, en passant par la dépression sévère, l'abus de drogues et l'hyperactivité.

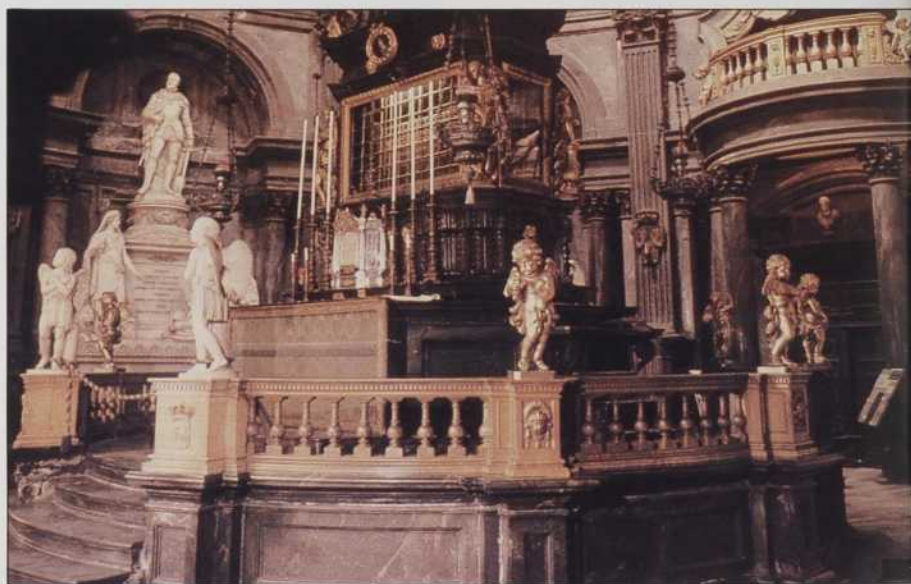
Parmi eux, 61 ont reçu des neuroleptiques. De ce nombre, 21 ont montré par la suite des symptômes évidents de parkinson. Ceux qui présentaient les symptômes les plus graves de rigidité et de ralentissement des mouvements avaient une longue histoire médicale de traitement aux antipsychotiques. Dans 5 de ces

21 cas, les symptômes ont persisté pendant plusieurs semaines ou mois après la fin du traitement.

Les conclusions de l'étude révèlent par ailleurs plusieurs tendances inquiétantes. Premièrement, seul un peu plus du quart des jeunes qui recevaient des neuroleptiques avaient été diagnostiqués comme souffrant de schizophrénie ou d'autres troubles psychotiques graves. Deuxièmement, les médecins traitants ne se préoccupaient que très peu de l'apparition possible des symptômes de parkinson, même si la gravité de ceux-ci chez certains enfants avait pour conséquence d'entraver sérieusement des activités aussi simples que de courir ou de se baigner. Les enfants eux-mêmes disaient se sentir comme des zombies, ce qui laisse supposer que plusieurs d'entre eux auront choisi de discontinuer les médicaments aussitôt sortis de l'hôpital.

Source : Science News, 2 novembre 1991

## LA RELIGION EN 1991



Des chercheurs de la Faculté de théologie de l'Université de Montréal sont en train de tracer le portrait socioreligieux des Québécois. Pour ce faire, ils ont mené depuis deux ans des entrevues en profondeur avec 300 personnes. Il reste à analyser toutes les données recueillies, mais déjà la chercheuse Solange Lefebvre note certaines tendances. Par exemple, dit-elle, comme notre société est de plus en plus bâtie en fonction de l'individu, le phénomène religieux devient souvent une affaire très individuelle, où chacun « bricole » sa religion à partir de toutes sortes de références – Jésus, Bouddha, l'écologie, etc. Avec la multiplication des croyances, on est en effet bien loin du monolithisme religieux d'avant les années 60. (ASP)



## LE PATRIOTE : HÉROS SURFAIT DE LA GUERRE DU GOLFE ?

Une bande vidéo israélienne circule actuellement à Washington qui pourrait ternir l'image de véritable héros technologique que s'est forgée le missile antimissile Patriot, pendant la guerre du Golfe : on y voit un Patriot exploser tout à fait inutilement au milieu des débris d'un Scud irakien. Selon un expert israélien, Reuven Pedatzur, dans tous les cas où les Israéliens ont pu filmer la rencontre d'un Patriot avec un Scud, le premier a échoué dans sa mission d'arrêter le missile irakien.

Ces bandes israéliennes viennent mettre en doute les affirmations officielles selon lesquelles le taux de succès des Patriot aurait été de 44 % en Israël et aurait atteint un score presque parfait de 90 % en Arabie Saoudite.

Si les prétentions israéliennes s'avéraient fondées, cela remettrait en cause l'avenir commercial du missile américain, qui s'annonçait jusqu'ici plutôt brillant. Mais, selon un expert américain, lui aussi très sceptique quant à l'efficacité du missile, les Israéliens pourraient bien avoir des motifs cachés en rendant ces images publiques. Ils cherchent actuellement à financer un missile défensif de leur cru, le Arrow, qui selon eux serait plus performant que le Patriot.

Ce que cette controverse remet surtout en lumière, c'est qu'on manque de moyens pour évaluer l'efficacité d'armes comme celles-là. Même si Israéliens et Américains ont

fait leur part d'efforts pour amasser le plus de données possible lors de l'impact (incluant un enregistrement par caméra infrarouge), on n'a encore publié aucun résultat de l'analyse de ces données. C'est que, du côté israélien, on ne veut surtout pas effrayer la population avec ce genre d'informations. On craint toujours une attaque surprise de la part de la Syrie, et les conséquences politiques de la divulgation d'une telle vulnérabilité aux missiles risqueraient d'être désastreuses.

Quant aux statistiques concernant l'Arabie Saoudite, elles apparaîtraient encore plus douteuses. Aucune information radar n'est disponible, parce que les capteurs numériques n'étaient pas branchés sur les consoles de lancement, par ordre du commandement américain dans la région. Selon les autorités militaires, l'évaluation du taux de succès du Patriot, pour l'Arabie Saoudite, est basée sur l'analyse de ce qu'on a pu retrouver au sol : fragments, enveloppes de missiles. Et aussi sur l'estimation des dommages causés par les explosions. Un expert militaire américain admet même que l'armée a pris le crédit des Scud abattus, même quand ceux-ci sont tombés dans le désert, hors de portée des Patriot.

On demande une enquête indépendante, mais pour l'instant le Pentagone n'aurait aucunement l'intention d'acquiescer à cette demande.

Source : Science, 8 novembre 1991

## NE FAITES PAS LA SOURDE OREILLE

Ce n'est pas seulement au travail qu'il faut se protéger du bruit, mais aussi à la maison. Les recherches de Marshall Chasin, audiologiste de Toronto, montrent en effet que des objets aussi familiers que la tondeuse à gazon, le séchoir à cheveux, le robot culinaire, les jouets pour enfants, etc. peuvent dépasser la norme de sécurité de 75 décibels, établie par l'Organisation mondiale de la santé. Sans parler de la chaîne stéréo et du baladeur qui, eux, peuvent atteindre 100 décibels, un niveau qui entraîne des dommages instantanés pour l'oreille interne.

Pourtant, la technologie permettant de fabriquer des objets moins bruyants existe. Mais, déplore l'audiologiste torontois, trop peu de gens se préoccupent de ce problème. (ASP)

## DE LA MOUTARDE CANADIENNE EN INDE

L'Inde doit importer deux millions de tonnes d'huile végétale par année, car elle n'en produit pas assez elle-même. Cette situation est imputable à la fragilité de deux des cultures dont elle tire cette précieuse denrée : la moutarde et le colza. Une maladie végétale, la rouille blanche, entraîne à elle seule des pertes annuelles de 30 %. Pour résoudre le problème, le Centre de recherche d'Agriculture Canada, à Saskatoon, a proposé au Conseil indien de recherche agricole une forme de sauvetage assez originale : le croisement de plants de moutarde canadiens et indiens. Les plants canadiens, plus résistants à la rouille blanche, ont permis de créer un hybride nommé Krishna et actuellement cultivé au Népal. Les chercheurs travaillent également à croiser deux variétés de colza et à produire un hybride qui, selon de récentes études, ferait augmenter le rendement de cette culture de 15 à 40 %. L'Inde espère ainsi doubler sa production d'huile végétale. (ASP)

# TABLEAU • D'HONNEUR

*Les entreprises et institutions dont les noms apparaissent ici ont décidé d'investir dans la formation de la relève.*

*Elles ont accepté de parrainer certains étudiants parmi les plus méritants afin de les aider dans la poursuite de la formation scientifique et technique qu'ils ont entreprise.*

*Ces futurs chercheurs, ingénieurs ou scientifiques tiennent à leur exprimer leurs remerciements.*

ONT PARRAINÉ 60 ÉTUDIANTS

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE, DU COMMERCE  
ET DE LA TECHNOLOGIE

ONT PARRAINÉ 20 ÉTUDIANTS

PRATT ET WHITNEY

ASSOCIATION DE LA JEUNESSE RURALE DU QUÉBEC

BELL CANADA

HYDRO-QUÉBEC

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

PARC TECHNOLOGIQUE DU QUÉBEC MÉTROPOLITAIN

QUÉBEC TÉLÉPHONE

TÉLÉ-UNIVERSITÉ

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À RIMOUSKI

L'avenir du Québec repose sur la science et la technologie.  
Il faut tout mettre en œuvre pour promouvoir  
leur développement. Merci !

QUÉBEC SCIENCE

# TABLEAU • D'HONNEUR

## LES FŒTUS JUMEAUX MIS AU RÉGIME

Un régime alimentaire personnalisé, la méthode Higgins, permet aux femmes enceintes de jumeaux de réduire les risques associés à ce type de grossesse, tels les taux élevés de mortalité et de prématurité. C'est ce qu'indique une étude menée par des chercheurs de l'Université Laval auprès de 520 femmes. Mise au point à Montréal en 1963, la méthode Higgins est un régime alimentaire adapté aux besoins de chaque femme. L'étude des chercheurs lavallois montre qu'un tel régime réduit du quart le nombre d'enfants de petit poids à la naissance, et de la moitié ceux de très petit poids. Le taux de prématurité est de 30 % inférieur et le taux de mortalité cinq fois plus bas. La méthode Higgins n'est pas encore très répandue dans les hôpitaux du Québec, mais elle est vouée à un brillant avenir, compte tenu des succès de la présente étude. (ASP)

## TRANSFORMER LA BOUE D'ÉPURATION EN ENGRAIS

Comment se débarrasser des boues provenant des usines d'épuration des eaux usées ? Les enfouir ou les brûler, cela coûte cher et cause certains problèmes environnementaux. C'est pourquoi on mène un peu partout des expériences sur l'utilisation de ces boues comme engrais. L'un des principaux problèmes est d'extraire les métaux lourds en suspension (cuivre, nickel, zinc, etc.). À cette fin, l'ingénieur Glynn Henry, de l'Université de Toronto, a mis au point un procédé par lequel des bactéries rendent ces métaux solubles dans l'eau et donc plus faciles à éliminer. Glynn Henry estime que la transformation en engrais des 500 000 tonnes de boues produites chaque année au Canada, en plus d'être bénéfique pour l'environnement, ne reviendrait qu'à une fraction du coût de leur incinération. (ASP)

## ON RÉVISE À GENTILLY 2

Hydro-Québec procède présentement à la révision générale des manuels d'exploitation de la centrale nucléaire Gentilly 2. La tâche est énorme : il y a 130 manuels, décrivant tout ce qu'il faut faire dans toutes les situations possibles, en exploitation normale ou dans un contexte d'incident. Ces manuels totalisent 22 000 pages... On comprend donc que l'opération



EACL

Transfert de cylindres contenant des capsules d'uranium.

doive prendre quelques années et coûter au moins 10 millions de dollars à Hydro-Québec.

« Il s'agit d'abord de faire un retour, après neuf ans, sur notre expérience dans l'opération de la centrale, explique le responsable des Services techniques à Gentilly 2, Denis Delorme. Nous avons trouvé des façons de faire plus pratiques, plus rapides, moins sujettes à engendrer des erreurs. Nous voulons maintenant les intégrer aux manuels. Et puis, il est impensable que tout soit

rigoureusement parfait dans ces manuels. Il y a des lacunes que nous corrigeons au fur et à mesure. L'exercice de refonte nous donne l'occasion d'intégrer tous les correctifs apportés dans le passé. »

Le processus de révision est rigoureux. Les ingénieurs responsables rédigent les nouvelles consignes de façon à ce que les procédures soient plus ergonomiques : chaque étape, chaque action à effectuer est décrite dans un paragraphe, le libellé doit être clair, sans ambiguïté, pour que les manœuvres puissent être exécutées

promptement. Ce nouveau libellé est vérifié une première fois, puis une seconde par un groupe spécial élargi, composé des opérateurs de la salle de commandes. Le texte doit par la suite obtenir la validation d'un groupe chargé de l'exploitation, avant d'être accepté.

Tous les changements et modifications sont également intégrés aux documents d'apprentissage du simulateur, une réplique exacte de la salle de commandes de la centrale nucléaire.

Les responsables de cette refonte mettent l'accent sur

les observations à faire et les gestes à poser avec un système donné dans une situation anormale, par exemple dans un contexte d'incident, et sur les procédures à suivre lorsque retentit une alarme reliée à un système.

À l'automne 1991, 37 % de l'ensemble du projet était réalisé, mais la Commission de contrôle de l'énergie atomique demande maintenant à Hydro-Québec d'accélérer le rythme de révision.

*Pierre Saint-Yves*  
Agence Science-Press

## L'INGÉNIERIE EXPOSE

Plus d'une centaine d'étudiantes et d'étudiants québécois en ingénierie se réuniront les 22 et 23 février dans le cadre de la Compétition québécoise d'ingénierie. L'Université Laval sera l'hôte de ce concours itinérant annuel. Les concurrents et concurrentes y présenteront des projets réalisés dans le cadre d'activités scolaires ou parascolaires. On pourra y voir des inventions de toutes sortes, des solutions à des problèmes industriels et plusieurs présentations sur des sujets scientifiques d'actualité. Chaque présentation est évaluée par des juges provenant du milieu industriel, ainsi que par le public. Que ce soit pour en savoir plus sur le métier d'ingénieur ou pour satisfaire sa curiosité, une visite s'impose.

## LES DANGERS DU SOMMEIL

Les personnes approchant de la soixantaine et qui ronflent de plus en plus fort pourraient souffrir bientôt d'apnée nocturne. On estime que 30 % de la population sexagénaire québécoise est atteinte de cette maladie, parfois mortelle, dont la gravité augmente avec l'âge. L'apnée nocturne est plus fréquente chez les hommes, les femmes ménopausées et les personnes obèses. Dans les cas graves, elle peut évoluer vers l'hypertension artérielle et pulmonaire. Il n'est donc pas surprenant que plus de la moitié des recherches entourant le sommeil portent sur l'apnée nocturne.

On définit l'apnée comme un arrêt de la respiration par obstruction ou par disparition de la commande nerveuse. Elle peut être volontaire (dans le cas de la plongée sous-marine) ou involontaire (pendant le sommeil). Un cas est considéré pathologique quand il y a plus de cinq arrêts respiratoires supérieurs à dix secondes par heure de sommeil. Dans les cas les plus graves, la séquence continue peut atteindre 80 pauses

par heure... D'où une diminution importante de la quantité d'oxygène distribuée aux tissus par le sang.

Plusieurs études cliniques tentent actuellement de mesurer les effets de l'anoxie cérébrale sur les fonctions psychomotrices. Contrairement à ce que les chercheurs prévoient, le manque d'oxygène affecte les habiletés motrices de manière irréversible. Après traitement, en effet, les troubles moteurs persistent, ce qui conduit à penser qu'ils seraient liés à des lésions des lobes frontaux.

L'anoxie cause aussi des troubles de la mémoire et la somnolence. Associés aux fonctions des lobes temporaux, ces troubles sont réversibles dans les six mois, grâce à des traitements.

En général, on commence un traitement quand la proportion d'oxygène dans les globules rouges est inférieure à 80 %. Chez un sujet normal, elle oscille entre 94 % et 97 %. Pourtant, chez certains malades, on enregistre des taux inférieurs à 20 %, alors que nos chances de survie sont déjà bien maigres à 50 %. Jacques Montplaisir, directeur de la clinique du sommeil à l'hôpital du Sacré-Coeur, explique : « Ces malades sont souvent d'anciens ronfleurs qui ont évolué lentement vers l'apnée nocturne. Leur organisme a pris le temps de s'habituer au manque d'oxygène et a probablement développé, à l'instar des otaries ou des phoques, qui peuvent avoir des pauses respiratoires de plusieurs heures, des mécanismes d'adaptation caractérisés par un accroissement des processus anaérobies. »

Malgré tout, les traitements demeurent indispensables. Depuis environ deux ans, on préfère à la chirurgie – pas toujours efficace – le traitement par ventilation. Le patient porte sur lui, la nuit, un petit respirateur qui lui insuffle des bouffées d'air sous une pression positive d'environ 10 cm d'eau. Le seul effet secondaire de ce traitement, c'est qu'il assèche les muqueuses. On utilise également un médicament, la protriptyline, qui réduit la durée des apnées et reconditionne les centres respiratoires. En attendant de réveiller l'otarie qui sommeille en nous...

Marie-Noëlle Delatte  
Agence Science-Press

## UN TEST POUR LE SANG ARTIFICIEL



L'hémoglobine modifiée, que l'on appelle aussi « sang artificiel », a déjà été testée chez l'homme avec succès. Il s'agit de molécules d'hémoglobine extraites des globules rouges et modifiées chimiquement, pour assurer leur stabilité dans le sang et retarder leur élimination de la circulation sanguine par le rein.

Les premiers essais, réalisés aux États-Unis il y a deux ans, ont confirmé l'intérêt et l'efficacité de ce sang artificiel. Plus besoin de se soucier des groupes sanguins, du risque d'infection par le virus du sida ou de l'hépatite, ni des problèmes d'approvisionnement. Mais ces études ont aussi mis en évidence quelques réactions d'hypersensibilité. Il a été démontré que les patients affectés réagissent à la présence, dans le sang artificiel, de minuscules débris de la membrane des globules rouges.

Le Dr Thomas Ming Swi Chang, directeur du Centre de recherches sur les cellules et les organes artificiels de l'Université McGill, à Montréal, pionnier mondial en matière de sang artificiel, a mis au point un test permettant de déterminer si un lot d'hémoglobine modifiée pose un risque pour le receveur.

La méthode consiste à mesurer l'activation du complément, protéine complexe du plasma indispensable à la réaction entre un antigène et un anticorps. Plus précisément,

le Dr Chang recommande de mesurer la fraction du complément appelée C3a, en mettant en contact du plasma humain et l'hémoglobine modifiée. « Nous pouvons ainsi détecter avec beaucoup de précision la présence d'un contaminant dans le sang artificiel », a expliqué le Dr Chang. Nos travaux montrent que le C3a est activé par de très faibles quantités de molécules chimiques, comme les surfactants et les solvants organiques, utilisées pour la production de l'hémoglobine modifiée. On peut voir si des résidus membranaires ou des endotoxines polluent la solution. C'est donc un test parfait, pour déceler une éventuelle contamination du sang artificiel lors de sa fabrication. »

Simple et rapide d'emploi, ce test *in vitro* peut servir à vérifier l'inocuité des lots d'hémoglobine modifiée au sortir de l'usine, comme il peut être utilisé *ad hoc* avant une transfusion, sauf si celle-ci doit être faite en toute urgence. L'activation du complément C3a est alors dosée à partir du plasma du receveur. Il s'agit là, lorsque le temps le permet, d'une mesure de sécurité supplémentaire qui sera sûrement appréciée par les équipes de recherches qui réaliseront les prochains essais chimiques sur le sang artificiel.

Suzanne Champoux  
Agence Science-Press

par l'Agence Science-Pressé

## LES OSCAR DU FRSQ

Chaque année, le Fonds de la recherche en santé du Québec décerne une bourse de mérite exceptionnel à quelques chercheurs. Pour l'année 1991-1992, les trois récipiendaires sont les docteurs Gerald Batist, du Département d'oncologie de l'Université McGill, Jean-Lucien Rouleau, du Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke et Jean-Luc Malo, de la Faculté de médecine de l'Université de Montréal.

## DES FLEURS POUR NOS INVENTEURS

Trois des cinq Prix Manning 1991 ont été remis à des Québécois. Ces prix, créés en 1982, veulent souligner l'excellence des innovateurs canadiens. Guy Savard et Robert Lee, de Montréal, ont reçu un Prix de distinction (25 000 \$) pour leur astucieux système d'injection d'oxygène dans le procédé d'affinage de l'acier. Deux prix d'innovation (5 000 \$) ont été remis à l'enseignant Alphonse Tardif, de Lévis, pour son « compteur d'étincelles » (un appareil utilisé dans l'enseignement de la physique) et à Maurice Coulombe, de Charlesbourg, qui a inventé un système de prévention des piqûres accidentelles à l'intention des travailleurs de la santé. Quant au Prix principal Manning (100 000 \$), il a été décerné au Dr Len Bruton, de l'Université de Calgary, pour la mise au point de filtres électroniques utilisés dans les téléphones du monde entier.

## L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE À VARENNES

Présentement en construction à Varennes, sur la rive-sud de Montréal, le Laboratoire de recherche en diversification énergétique (LRDE) du ministère fédéral de l'Énergie, des Mines et des Ressources (MEMR) doit ouvrir ses portes en novembre. Les travaux des quelque 25 chercheurs du LRDE porteront sur les technologies de pointe dans les domaines du gaz naturel, des énergies renouvelables et de la gestion de la chaleur. Jusqu'à tout récemment, seulement 5 % des activités de recherche menées ou commanditées par le MEMR se déroulaient au Québec. Mais avec l'établissement récent d'un centre permanent de la Commission géologique du Canada, à Québec, la création du Centre canadien de géomatique, à Sherbrooke, et le laboratoire de Varennes, ce déséquilibre se corrige peu à peu.

## L'ÉNERGIE DES CHERCHEURS EN SYNERGIE

Par son nouveau volet appelé SYNERGIE, le Fonds de développement technologique du Québec est désormais accessible aux chercheurs des collèges et des universités. Avec un budget de 32 millions de dollars pour les cinq prochaines années, le programme SYNERGIE « vise à renforcer la capacité d'innovation technologique du Québec en soutenant financièrement des projets de recherche dont la réalisation exige une collaboration soutenue entre les milieux de la recherche et des entreprises ». Les chercheurs doivent d'abord se trouver des partenaires industriels qui, selon leur taille, devront fournir de 10 à 40 % du montant total du projet. Le Fonds de développement technologique comporte trois autres volets : les Projets mobilisateurs (cinq étaient en route en décembre, quatre autres sur le point d'être acceptés), la R-D en environnement et les projets des PME.

## LE BRAS QUÉBÉCOIS

Des chercheurs d'Hydro-Québec et de Bell ont mis au point un bras articulé à l'intention des jeunes adultes atteints de la fibrose kystique. Ce dispositif, unique au monde,



leur permettra d'effectuer eux-mêmes leurs traitements quotidiens de drainage postural sans aucune aide extérieure. Les chercheurs ont bénéficié de l'appui de l'Association québécoise de la fibrose kystique, de l'Hôpital Sainte-Justine et du Centre de recherche industrielle du Québec, entre autres. Le bras articulé est commercialisé par la société Médicana Inc., de Ville Saint-Laurent.

## LE DÉPÉRISSEMENT DES ÉRABLES, UN MAL POUR UN BIEN ?



Eve-Lucie Bourque

On constate de plus en plus que les pluies acides ne sont pas les seules responsables du dépérissement des érablières. Dans certains cas, le dépérissement serait le résultat d'un processus naturel. C'est ce qu'ont confirmé récemment le chercheur Éric Bauce, de l'Université Laval, et un collègue américain, après avoir reconstitué l'histoire d'une érablière de 85 ans. Selon leur étude, une trop grande densité d'arbres, à des périodes données, rendrait les arbres vulnérables aux effets des perturbations climatiques et des épidémies d'insectes. D'après M. Bauce, la mort des individus moins vigoureux produit alors des éclaircies naturelles, qui facilitent la survie des autres arbres. (ASP)

## OSTÉOPOROSE : MARCHEZ ET BUVEZ DU LAIT

L'ostéoporose est la cause, au Canada, de plus de 100 000 fractures osseuses par année. Cette décalcification des os afflige surtout les femmes qui ont passé l'âge de la ménopause. D'habitude, on évite les conséquences fâcheuses de l'ostéoporose en prescrivant aux patientes à risque de l'œstrogène, l'hormone qui leur fait défaut. Des chercheurs australiens ont toutefois découvert qu'une marche quotidienne de deux heures (ou l'équivalent) et un régime alimentaire riche en produits laitiers, donc en calcium, donnent le même effet que les hormones. Mieux encore, ce style de vie plus sain ne présente aucun des effets secondaires qu'entraîne le traitement aux hormones. (ASP)

## LE SON DES POUMONS

Deux professeures du Collège de Rosemont, Dominique Pouliot et Monique Thibert, ont créé le premier didacticiel de langue française sur l'auscultation pulmonaire.

Actuellement, les outils pédagogiques utilisés en Techniques d'inhalothérapie et d'anesthésie, au collégial, se composent de films, de diapositives et des enregistrements de bruits pulmonaires sur bande magnétique de l'American Thoracic Society (ATS). Cependant, aucun enregistrement n'est encore parvenu à reproduire avec justesse, clarté et exactitude les bruits réellement perçus chez le patient.

Le didacticiel Laënnec (nommé d'après le médecin français René Laënnec, qui a découvert et vulgarisé l'auscultation) comporte une banque de plus de deux cents sons pulmonaires d'enfants et d'adultes, regroupés dans diverses catégories (sons normaux, sons pathologiques uniques, sons pathologiques couplés, sons de toux, etc.). Ces sons ont été enregistrés par des intervenants en milieu clinique, à l'aide d'un stéthoscope de contact électronique conçu spécialement pour le Collège de Rosemont par l'Institut de recherches cliniques de Montréal. Ils ont ensuite été identifiés et validés par des spécialistes.

Parallèlement à l'audition, l'étudiant peut visualiser sur écran cathodique le détail spectral du son entendu. Cela a le double avantage de favoriser l'apprentissage visuel et auditif.

Le didacticiel vise un apprentissage progressif, par mode guidé. On y retrouve des exercices ponctuels avec un coefficient de difficulté de plus en plus élevé et, à la fin, un autotest. Chaque étudiant a sa disquette, qui lui permet de progresser à son rythme.

Cet outil pourra également être utilisé dans les universités, ainsi que par les médecins en clinique, afin de les aider à mieux déceler la présence de problèmes respiratoires chez leurs patients.

*Yves Gagnon – Agence Science-Press*



# INRS

LA FORCE DE LA SCIENCE

SANTÉ

L'intérêt croissant manifesté pour les peptides réside dans leur potentiel médical. Les peptides les plus connus sont sans doute l'insuline et l'aspartame (NutraSuc<sup>®</sup>). Il en existe cependant de nombreux autres et les recherches effectuées à l'INRS-Santé, sur les propriétés thérapeutiques de certains de ces composés biologiques, pourraient entraîner de nombreuses applications biomédicales notamment, le développement d'une formule sanguine artificielle et le traitement du diabète.

L'originalité des recherches effectuées à l'INRS-Santé ne s'arrête pas là. Des chercheurs du Centre s'attaquent aux BPC en travaillant à la mise au point de procédés biotechnologiques permettant de dégrader ces polluants récalcitrants.

Seul laboratoire de contrôle du dopage sportif au Canada accrédité par le Comité international olympique, l'INRS-Santé poursuit ses activités d'analyse et accentue ses activités de recherche sur l'utilisation des drogues illicites.

**Une recherche de pointe pour le mieux-être de la société :**

- Applications biomédicales des peptides.
- Toxicologie de l'environnement.
- Santé et sécurité dans les sports.

**L'enseignement :**

Programme de maîtrise en sciences expérimentales de la santé.

**Renseignements :**

Téléphone : Montréal (514) 630-8800

Québec (418) 654-2500



Université du Québec

**Institut national  
de la recherche  
scientifique**

## FAITES UN PEU PLUS

pour le développement des connaissances scientifiques  
chez les jeunes et la relève

## DEVENEZ MEMBRE DE LA FONDATION QUÉBEC SCIENCE

Lisez la page 43 et complétez le coupon



THERMONUCLÉAIRE

# MON O I S U E

LA FUSION A FROID EST UNE UTOPIE. MAIS AU TOKAMAK DE VARENNES, ON APPROCHE DES CONDITIONS NECESSAIRES A LA FUSION A CHAUD, SOURCE FUTURE D'ENERGIE. NOUS VOILA DONC ENGAGES AUX CÔTES DES AUTRES PUISSANCES INDUSTRIELLES DANS LA COURSE MONDIALE POUR LA MAÎTRISE DE CETTE ENERGIE DES ETOILES.

DANS CE DOSSIER SUR LA FUSION THERMONUCLÉAIRE, PIERRE SORMANY JETTE UN REGARD SUR L'EXPERIENCE DU JOINT EUROPEAN TORUS, QUI A RECENTEMENT PRODUIT DE L'ENERGIE THERMONUCLÉAIRE PENDANT DEUX SECONDES, ET NOUS EXPLIQUE LES PRINCIPES DE LA FUSION THERMONUCLÉAIRE. GUY PAQUIN EST ALLE AU CENTRE CANADIEN DE FUSION MAGNETIQUE VOIR EN QUOI LE TOKAMAK DE VARENNES, QUI SE DISTINGUE PAR SA CONTRIBUTION INTERNATIONALE A LA RECHERCHE EN FUSION, EST UNE MACHINE EXCEPTIONNELLE. ENFIN, MARIE-NOËLLE DELATTE MET EN LUMIERE LE DEBAT HOULEUX QUI ENTOURE LE PROJET « MONDIAL » DE REACTEUR DE FUSION, L'INTERNATIONAL THERMONUCLEAR EXPERIMENTAL REACTOR.

# L'ÉTINCELLE A DURÉ... DEUX SECONDES !

PAR PIERRE SORMANY

Grande conférence de presse, le 9 novembre dernier à Londres. Les responsables du Joint European Torus (JET), la plus grande machine expérimentale à fusion du monde, annonçaient que, pour la première fois, ils avaient réussi à forcer des atomes de deutérium et de tritium (deux variantes de l'hydrogène, contenant des neutrons en excès) à fusionner, pour produire de l'hélium.

Le « réacteur » ne contenait qu'environ 1,5 gramme de matière, et la fusion n'a duré que deux secondes. À peine une étincelle, en somme. Mais elle a libéré plus de 50 kilowatts d'énergie thermique. « Cette expérience confirme que nous serons en mesure de produire des poussées d'énergie de plus de 1 000 mégawatts, dans le grand réacteur qui sera construit d'ici à 1996 », affirmait le Dr Paul-Henri Rebut, le physicien français qui dirige ce laboratoire européen de fusion thermonucléaire installé à Culham, près de Londres.

« Une percée majeure ! » ont aussitôt confirmé les concurrents américains, russes et japonais, dans cette course internationale pour maîtriser la plus abondante source d'énergie de l'Univers. Pourtant, on est encore loin d'une centrale électronucléaire à fusion. Pour produire cette modeste bouffée d'énergie, les physiciens de Culham

ont dû chauffer leur gaz à près de 300 millions de degrés Celsius, une température 20 fois plus élevée que celle qui règne au cœur du Soleil. À cette température, les atomes perdent tous leurs électrons, et les noyaux atomiques, chargés positivement, cherchent dès lors à se repousser violemment. Il faut donc comprimer ce gaz avec force, en un faisceau étroit, au cœur d'une chambre à vide, et éviter à tout prix que ses atomes effervescents ne viennent heurter les parois et y dissiper leur précieuse énergie.

Jusqu'à présent, les grandes machines à fusion (le TFTR américain de Princeton, le JT-60 soviétique et le T-15 japonais) n'avaient obtenu des plasmas stables que pour des durées de quelques dizaines de secondes. À Culham, le confinement a duré 2 minutes, 35 secondes, un record absolu !

Mais on comprendra que ces efforts de réchauffement et de confinement consomment des quantités formidables d'énergie. Si l'on veut un jour puiser dans la fusion plus de puissance électrique que celle qu'on y investit, il faudra des machines beaucoup plus grosses, capables de fonctionner en régime continu. « Soyons réalistes. Un tel réacteur ne peut être espéré avant 2050, admet Paul-Henri Rebut. Et il faudra d'ici là construire d'autres machines coûteuses, affiner nos techniques de contrôle, trouver des maté-



M. Polak - Sygma / Publiphoto

*Le Dr Paul-Henri Rebut, physicien français, directeur du laboratoire de fusion thermonucléaire de Culham (Royaume-Uni), devant la maquette du réacteur.*

riaux résistant aux pressions intenses que nous générons, et mettre au point des appareils très sûrs. »

## TOUTE L'ÉNERGIE DE L'UNIVERS

La fusion thermonucléaire, c'est l'énergie des étoiles, voire de l'Univers tout entier. Il y a 12 à 18 milliards d'années en effet, peu après le big bang initial, l'Univers a pris la forme d'un immense nuage de protons, de neutrons et d'électrons, baignant dans un rayonnement intense. La force gravitationnelle a alors fractionné le nuage en expansion et amené d'immenses masses de ce gaz à se concentrer sur elles-mêmes. Au cœur de ces étoiles en formation, protons et neutrons se sont heurtés violemment, donnant naissance à des noyaux de deutérium (ou hydrogène « lourd », c'est-à-dire un proton et un neutron). Puis la collision de ces atomes de deutérium a fait apparaître des noyaux d'hélium (deux neutrons et deux protons).

Dans chaque cas, le produit final de ces collisions est moins massif que la somme de ses composantes. La différence (ou « défaut de masse », comme disent les physiciens) s'envole en énergie. C'est ainsi que les étoiles se sont allumées. Toute l'énergie de l'Univers contemporain vient donc de cette fabrication d'hélium puis, plus tard, de la fabrication analogue d'éléments de plus en plus lourds, au cœur des étoiles.

Dans ce gigantesque brassage stellaire, quelques éléments ont été trop loin. Par fusion, ils ont formé des assemblages si massifs que leur construction a nécessité un surplus d'énergie, au lieu d'en libérer. Ces corps « accidentels », ce sont les obèses du tableau des éléments, ceux dont le poids dépasse celui du fer. Certains d'entre eux deviennent si instables qu'ils se brisent d'eux-mêmes : ce sont les corps radioactifs qui, en se scindant, remboursent, en quelque sorte, l'énergie volée jadis à l'alchimie stellaire.

Si la fission des atomes lourds, donc, est un accident de la nature, elle a l'avantage d'être facile à provoquer sur Terre. Il suffit qu'un neutron de

faible énergie heurte un noyau d'uranium 235, par exemple, pour que celui-ci se brise et émette à son tour des neutrons destructeurs. Les ingénieurs ont rapidement appris à provoquer cette réaction en chaîne (la bombe atomique), puis à en maîtriser le rythme, dans les centrales nucléaires.

sources... à condition qu'on apprenne à maîtriser la fusion !

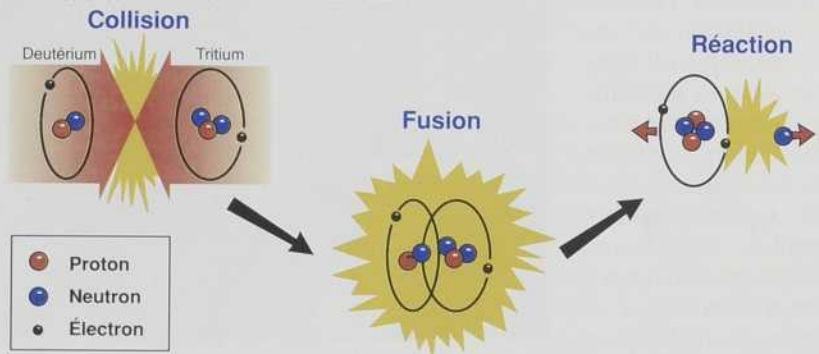
## BOMBE H, LASER ET CHAMPS

Et c'est là tout le défi. Si la pression gravitationnelle au cœur des étoiles est

**On connaît actuellement deux méthodes pour libérer les ressources énergétiques considérables des liaisons nucléaires :**



**1. La fission nucléaire** où des noyaux lourds sont divisés en deux éléments plus légers. Réaction relativement facile à provoquer mais avec émission de radioactivité.



**2. La fusion thermonucléaire** où des éléments légers sont réunis pour former des éléments plus lourds. Procédé plus capricieux mais plus propre.

Mais cette facilité se paie : le combustible, radioactif, existe en quantité limitée, jamais à l'état pur, et ses sous-produits sont encore plus dangereux.

Le deutérium, quant à lui, matière première de la fusion thermonucléaire, n'est pas radioactif. Même à raison d'un atome de deutérium pour 6 500 atomes d'hydrogène dans l'océan, c'est déjà la surabondance : un à deux kilomètres cubes d'eau de mer contiennent assez de cet « hydrogène lourd » pour libérer, par fusion, autant d'énergie que l'ensemble des réserves de pétrole de la planète. Et voilà repoussé de quelques milliards d'années la menace d'épuisement de nos res-

suffisante pour propulser les noyaux atomiques les uns contre les autres, tel n'est pas le cas sur Terre. Comme tous ces noyaux sont de charge électrique positive, ils se repoussent, au contraire, avec force. Pour les contraindre à fusionner, il faudra chauffer le deutérium à des températures suffisantes pour que la vitesse des noyaux atomiques puisse vaincre la « barrière » électrique, et confiner ce gaz chaud dans le plus petit volume possible, afin de favoriser les rencontres.

Ce confinement ne peut être réalisé par une paroi matérielle : elle se volatiliserait au contact du gaz surchauffé. Comment le faire, alors ? Soit en for-

çant l'implosion (explosion vers l'intérieur) d'un petit volume de deutérium, soit en le comprimant sous l'action d'un champ magnétique intense. La première approche a déjà connu un succès éclatant avec la bombe à hydrogène (la « bombe H »), où le gaz à fusionner est placé au cœur d'une bombe atomique conventionnelle, dont il décuple la puissance.

On tente depuis 20 ans de reproduire cette réaction à petite échelle, en utilisant des faisceaux laser très puissants pour bombarder de toutes parts une gouttelette de deutérium. On y est parvenu en laboratoire, mais pour de très faibles quantités de deutérium uniquement, et les ingénieurs ont encore du mal à ajuster le tir des lasers avec une précision suffisante. En outre, l'éventuelle centrale à implosion ne pourra fonctionner que par allumages successifs, ce qui pose d'énormes problèmes techniques.

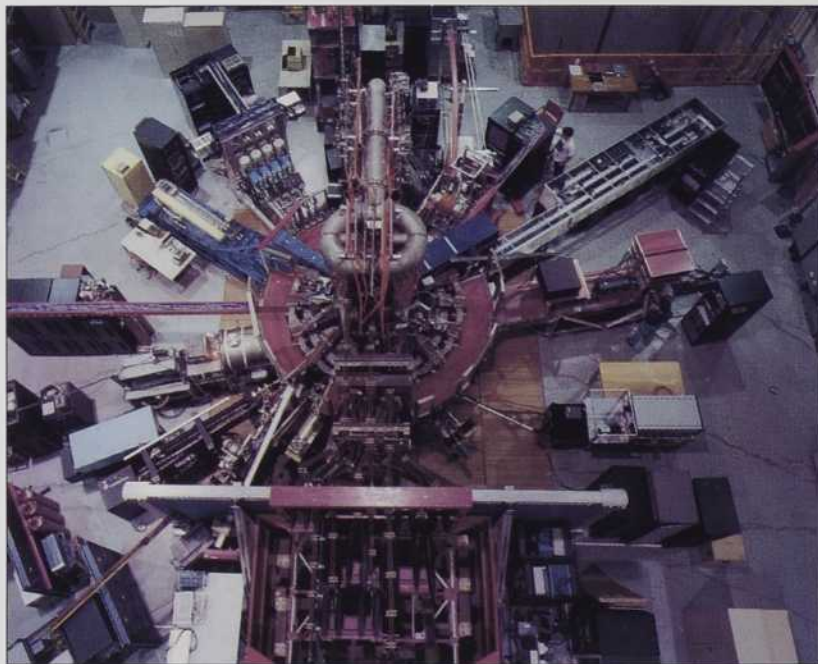
L'approche par confinement magnétique, quoique plus complexe, permet d'envisager un réacteur en régime continu : du deutérium introduit dans une chambre à vide, de l'hélium évacué à l'autre bout et,

entre les deux, une énorme production de chaleur en permanence. Il s'agirait d'une source d'énergie propre, en principe ; le combustible n'est pas radioactif, et le confinement magnétique exige de telles forces qu'il suffirait d'une fraction de seconde d'interruption pour que le gaz se disperse et se refroidisse.

Cependant, la réalité est moins rose. Pour faciliter les réactions de fusion, les ingénieurs ont choisi d'utiliser un mélange de deutérium et de tritium, un hydrogène encore plus lourd (deux neutrons au lieu d'un). La présence de ces « gros » noyaux augmente la probabilité des rencontres ainsi que la quantité d'énergie par chaque fusion réussie. Mais le mélange de deux gaz de masse atomique

et de charge différentes rend le confinement encore plus fragile (d'où l'importance de la « percée technologique » réussie en novembre à Culham).

Le tritium n'existe pas dans la nature. Il doit être fabriqué à partir de lithium, mais il est fortement radioactif. De plus, la réaction libère des neutrons à très grande vitesse (5 000 km par seconde) qui, en heurtant les parois et autres composantes de la machine magnétique, peuvent



*Vue d'ensemble du tokamak de Varennes. Installée au centre, la chambre à plasma est entourée des appareils de diagnostic, qui assurent une surveillance permanente du plasma et informent les ordinateurs de contrôle de son état.*

rendre tout l'ensemble radioactif. On s'éloigne déjà du mythe de l'énergie parfaitement propre !

Mais le véritable problème, c'est que la technologie est complexe : comment chauffer un gaz à l'extrême et le maintenir prisonnier des lignes de force d'un champ magnétique ? Plusieurs configurations ont été imaginées dès les années 50 : « bouteilles magnétiques », où le gaz ionisé est sans cesse réfléchi entre deux « goulots » (ou miroirs) ; longs tubes ouverts, où l'on injecte le gaz à un bout en espérant retirer les produits de fusion à l'autre bout ; machines toroïdales, où le plasma circule dans un tube recourbé sur lui-même, épousant la forme d'un immense beignet.

## LES PROMESSES DU TOKAMAK

Après 15 années de frustration, un appareil de conception soviétique, le tokamak (acronyme russe pour « MACHine TORoïdale MAGnétique »), vint relancer en 1968 la course à la fusion par confinement magnétique. À la différence des autres machines toroïdales, on y injectait un gaz froid, dans lequel on forçait la circulation d'un courant électrique (par induction magnétique, ou « effet joule »). Ce courant induit au cœur même du plasma réchauffait celui-ci et engendrait autour de l'anneau de gaz son propre champ magnétique, qui contribuait à surcomprimer le plasma, d'où une stabilité beaucoup plus grande.

Toutefois, plus le gaz est chaud, moins il offre de résistance au courant et moins s'accroît sa température. Le chauffage par effet joule a donc une limite, et sans source externe d'énergie d'appoint (injection de particules chaudes grâce à des

accélérateurs, ou chauffage aux micro-ondes), les tokamaks n'atteindraient jamais la température de fusion. En outre, les gaz ionisés demeurent hautement instables, à ces températures, et aucun tokamak n'avait pu produire, avant l'automne dernier, des impulsions de plus d'une dizaine de secondes. On est encore loin du réacteur en continu ! Et plus loin encore d'une centrale commerciale qui utiliserait un tel réacteur comme source de chaleur et produirait plus d'énergie qu'il en faut pour maintenir la réaction. Cinquante ans au moins, et quelques dizaines de milliards de dollars en recherche, annonce-t-on dans les milieux internationaux de la recherche sur la fusion thermonucléaire ! ○

# À LA POURSUITE D'UN PLASMA STABLE

PAR GUY PAQUIN

Le tokamak de Varennes, le plus important centre canadien d'étude des plasmas à fusion, est une véritable machine à paradoxes. Conçu dans les années 70 pour étudier la fusion nucléaire, on n'y a jamais observé jusqu'ici la moindre réaction nucléaire, pour la simple raison qu'on n'y a jamais introduit de carburant à fusion. Plus curieux encore : même si on l'a conçu pour résister à la présence d'un plasma à quelques centaines de millions de degrés pendant 30 secondes, aucun plasma n'y a vécu jusqu'ici plus d'une seconde ou deux.

Le premier paradoxe n'est qu'apparent. Ce qu'on étudie à Varennes, c'est le comportement d'un plasma d'hydrogène pur, analogue au carburant à fusion, mais sans les risques associés à cette réaction nucléaire. On n'a pas à manipuler de tritium radioactif, ni à disposer des structures du tokamak, qui seraient devenues elles-mêmes radioactives après quelques mois d'usage. Les plasmas d'hydrogène constituent pourtant un excellent modèle et les données recueillies seront utiles aux autres laboratoires engagés dans la course à la fusion deutérium-tritium, à travers le monde.

Quant au second paradoxe, qui concerne la durée de vie des plasmas, l'équipe de Richard Bolton est sur le point de le résoudre. « Pour transfor-

mer un gaz d'hydrogène en plasma, explique ce physicien, on le comprime d'abord dans un champ magnétique extrêmement puissant. Cette compression chauffe le gaz et arrache les électrons de leurs orbites autour des noyaux. Le champ magnétique induit alors un puissant courant électrique dans le nuage d'électrons libres comprimés. Ce courant achève d'agiter électrons et noyaux. À très haute température, certains noyaux fusionneront. »

Le hic, c'est que toute l'opération coûte cher en énergie. Le tokamak s'alimente à partir d'un énorme transformateur, capable de fournir jusqu'à 300 000 ampères de courant. Quand tout ce courant a été transformé en champ magnétique destiné à écraser le plasma, les deux secondes sont écoulées et le transformateur est à sec. Restent deux possibilités pour franchir la barre des deux secondes : un plus gros transformateur ou une aide extérieure.

## LE RECOURS AUX MICRO-ONDES

« Dès le début, nous étions conscients du problème, raconte Mme Amanda Hubbard, chercheuse à Varennes. Grossir le transformateur aurait été absurde : la source d'énergie eût coûté plus cher que le tokamak lui-même. Nous avons donc retenu une solution



Ève-Lucie Bourque

*Richard Bolton, entouré de Réal Décoste à gauche et de Brian Gregory. Cette équipe travaille depuis 1987 à améliorer les performances du tokamak de Varennes pour arriver à produire à moyen terme des impulsions de plasma de 30 secondes.*

hybride : utiliser le transformateur comme démarreur du plasma, puis maintenir le chauffage en lui appliquant une décharge de micro-ondes, ce qui est ma spécialité. »

Les micro-ondes sont des ondes électromagnétiques très courtes, qui ont la propriété d'agiter (donc d'échauffer) les particules chargées, qu'il s'agisse d'un steak, d'une pomme de terre... ou d'un plasma ! Les travaux de Mme Hubbard ont montré qu'une onde relativement courte (10 cm), à très haute fréquence (3,7 gigahertz), transportait assez d'énergie pour augmenter de 30 % la température du plasma engendré à Varennes. En principe cet échauffement par micro-ondes devrait permettre d'augmenter sa durée de vie au-delà de trente secondes.

Faisant confiance aux calculs de sa spécialiste, la direction du tokamak de Varennes a donc autorisé la construction d'un générateur de micro-ondes capable de produire dans le plasma une densité d'énergie de l'ordre du million de watts par mètre cube. Ce n'est qu'à la fin de 1992 qu'on saura si le modèle théorique résiste à l'épreuve de l'expérience. Si tel était le cas, tous les grands tokamaks du monde pourraient bien adopter un jour l'innovation canadienne.

## MATIÈRE ET MATÉRIAUX

On pourra alors s'attaquer au vrai problème : comment maintenir de telles conditions infernales, de l'ordre de quelques millions de degrés, à l'intérieur du tokamak, sans réduire en cendres ses parois ? En théorie, le plasma confiné par un champ magnétique n'interagit pas avec les matériaux de l'appareil. « En réalité, corrige Réal Décoste, directeur de l'exploitation, nous passons notre temps à combattre les particules échappées qui entrent en contact avec les parois et arrachent des atomes aux matériaux. »

Si les savants du Centre canadien de fusion magnétique se font du souci, ce n'est pas pour le matériel, mais bien pour le plasma. En effet, toute interaction entre le plasma et les particules plus lourdes arrachées aux parois refroidit le nuage d'hydrogène. Commencé près de la paroi, le refroidissement s'étend

rapidement à l'ensemble du plasma, rend le confinement plus instable et nuit à la circulation du courant.

Les scientifiques se représentent un plasma réussi comme un fluide dont ils contrôlèrent parfaitement la direction et la vitesse d'écoulement. Tant que le fluide ionisé tourne en accélérant au milieu du tore, pas de problème. Mais les interactions entre le plasma et les particules arrachées aux parois engendrent des tourbillons secondaires, et c'est la crevasse. Le fluide ne s'écoule plus régulièrement, toutes sortes de courants parasites apparaissent. En quelques secondes, le gaz perd ses propriétés, et les efforts de l'équipe technique pour faire absorber de l'énergie cinétique au plasma sont perdus : toute l'énergie se dissipe en radiation. Dans leur jargon, les ingénieurs disent que le plasma a été contaminé et qu'il a subi une « disruption ».

L'équipe de Varennes fait la guerre à la disruption de trois manières. La première consiste à choisir des matériaux peu susceptibles de contaminer le plasma. La seconde exige que l'on dispose d'appareils qui éliminent les impuretés à mesure qu'elles apparaissent. Enfin, on peut ajouter des champs magnétiques secondaires qui contrôlent la forme et la position du plasma, pour tuer dans l'œuf toute ébauche de disruption.

Les chercheurs travaillent d'arrachepied à tester toutes sortes de matériaux insolites, capables de résister aux assauts du plasma. « Au départ, raconte M. Bolton, la paroi interne de l'appareil était garnie d'inconel, une sorte d'acier particulièrement apte à subir les conditions énergétiques du plasma. Nous nous sommes vite rendus compte que l'inconel seul ne résisterait pas. Il lui fallait un revêtement. Et tant qu'à revêtir l'inconel, pourquoi ne pas choisir un matériau capable d'absorber les impuretés les plus gênantes, c'est-à-dire les atomes d'oxygène nuisant à la conductivité du plasma ? »

## DES PIÈGES À OXYGÈNE

L'équipe Bolton s'est donc mise à la recherche d'un revêtement propre à servir d'« éponge à oxygène ». Les

chimistes recommandèrent des matériaux à base de titane ou de bore, qui ont une grande affinité pour ce gaz. Fin 1990, les chercheurs de Varennes ont pris connaissance des travaux de Yoshi Hirooka, de l'Université de Californie à Los Angeles (UCLA), qui expérimentait un matériau composé de graphite et de bore. Les résultats du savant américain semblaient prometteurs.

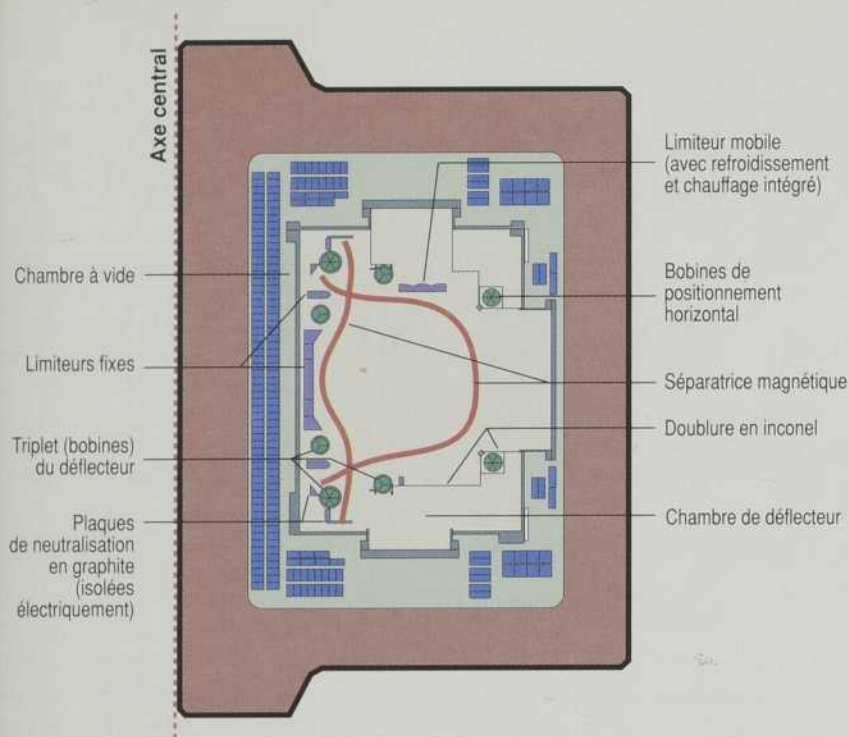
« Le problème, explique Richard Bolton, c'est d'appliquer une fine couche de graphite boronisé sur une surface d'inconel. Ça ne se fait ni au rouleau ni au pinceau ! Nous avons eu l'idée de placer une petite capsule de graphite boronisé dans le tore du tokamak et de la soumettre à un tir de plasma. En se refroidissant, le matériau se condense sur la paroi comme la vapeur d'eau sur votre miroir après la douche. »

Les effets de ce traitement de surface sur l'ennemi numéro un, l'oxygène, ont été spectaculaires. Pendant que la concentration d'oxygène dans le plasma diminuait de moitié, le plasma lui-même devenait meilleur conducteur et sa durée de vie augmentait de 60 %. Le 10 mai 1991, l'équipe de Varennes pouvait annoncer au monde que la chasse à l'oxygène était un succès.

Succès double, d'ailleurs, puisque l'année précédente avait vu la mise en place d'un autre piège à oxygène, électromagnétique, celui-là. « Nous caressions depuis longtemps un vieux rêve, se souvient Richard Bolton. Était-il possible, au lieu de laisser le fluide ionisé tourner en rond dans sa cage magnétique, de modifier sa course pour le conduire vers un filtre qui retiendrait les atomes d'oxygène, puis retournerait le gaz purifié vers le centre du tore ? »

Le défi : infléchir la trajectoire d'un flux d'ions se déplaçant à une bonne fraction de la vitesse de la lumière et les retourner « en piste » sans provoquer de chaos. En juin 1990, on a installé deux jeux additionnels de bobines magnétiques, qui jouent le rôle de pièges à oxygène, tels que conçus et mis au point à Varennes. Ces deux « déflecteurs » ont subi leur premier test le 5 septembre 1990. Dès le premier essai, la tension parasite générée par les impuretés d'oxygène, nommée

## Schéma des composants internes du Tokamak de Varennes amélioré



tension de boucle, passait de 2,8 volts à 1,8 volt. Une autre victoire dans la guerre aux impuretés, dont la communauté scientifique internationale a pris bonne note.

### UN PLASMA SOUS ÉTROITE SURVEILLANCE

Les impuretés ainsi éliminées laissent pourtant des traces, sous forme de tourbillons et de courants indésirables au cœur du plasma, dont ils modifient la forme... jusqu'à la disruption. En fait, le plasma est aussi fragile que la pâte argileuse qui prend forme sur le tour du potier. Une légère pression, d'un côté ou de l'autre, et la précaire symétrie se rompt, le vase de glaise fraîche s'écroule.

Comme le potier, les ingénieurs de Varennes tentent de « sauver » leurs plasmas en danger de disruption, sans interrompre le tir, sans arrêter la rotation du tour. Là où l'artisan compte sur son œil et sa dextérité, les chercheurs de Varennes misent sur une surveillance électromagnétique. Une série d'appareils, disposés autour du tokamak, informent les ordinateurs de contrôle de l'état précis de tous les courants et rayonnements présents dans le fluide. À chaque quatre-millième de seconde, l'ordinateur reçoit le portrait exact de la situation électromagnétique du plasma. Il en

connaît la température, la densité, la position et la forme. En moins d'un millième de seconde, l'appareil de contrôle déplace les « doigts du potier », en l'occurrence des bobines électromagnétiques mobiles, autour du tokamak. Ces bobines corrigent les disruptions naissantes et maintiennent la stabilité du plasma. Pour un gaz de 27 cm de petit rayon, les « glissements » ne dépassent guère 2 mm, soit une marge d'erreur de l'ordre de 1 %.

À Varennes, quelque 35 appareils de diagnostic sont ainsi installés en permanence autour du tore. Plusieurs équipes internationales jouent aussi du coude pour installer leurs propres instruments de mesure sur le tokamak, et la liste d'attente s'allonge.

### LE PASSÉ GARANT DE L'AVENIR

Il est donc passé beaucoup d'électrons sous les aimants, depuis le 25 mars 1987, date où le tokamak créait son premier plasma. À l'époque, les systèmes de diagnostic étaient si imparfaits qu'on s'était contenté d'en évaluer la température quelque part entre 100 000 à 500 000 degrés Celsius.

Pourtant, dès le début, selon David Jackson, directeur du programme canadien de fusion, les choix furent excellents. « Au moment de la conception du tokamak, nous avons opté pour une

machine de taille moyenne, un laboratoire expérimental sur les plasmas, plutôt qu'un véritable réacteur à fusion nucléaire. Nous misions sur sa souplesse. Nous constatons aujourd'hui que nous avons fait le bon choix. La petite taille rend les modifications plus faciles et, quand viendra le temps d'installer les bobines supraconductrices prévues dans le programme, l'interruption des tirs durera quelques semaines plutôt que quelques mois. » Ces bobines remplaceront les bobines métalliques conventionnelles actuelles et assureront, avec le même transformateur, un champ plus puissant et un courant plus intense.

Ce choix de départ « prophétique », on le doit surtout à Richard Bolton, qui dirige les travaux du Centre canadien de fusion magnétique (CCFM) depuis les tout débuts. M. Bolton avait travaillé de 1968 à 1973 à Culham, en Angleterre, sur l'ancêtre du Joint European Torus, le tokamak de grande taille qui détient actuellement tous les records de fusion expérimentale. En 1973, le fondateur de l'Institut de recherche en électricité du Québec, Lionel Boulet, usa de toute sa persuasion pour ramener M. Bolton au pays.

Aujourd'hui, le Centre de Varennes tient le haut du pavé, en ce qui concerne la recherche sur la purification des plasmas à fusion. Ses trouvailles intéressent autant les Européens, que les Américains et les Japonais, qui procèdent régulièrement à des échanges de chercheurs avec le CCFM. On attend de partout les résultats des premiers tirs, quand le tokamak sera doté à la fois du système d'entraînement du plasma par micro-ondes et de bobines supraconductrices.

« Passée cette étape, suppose David Jackson, il y aura de nouveau un choix crucial à faire. Le tokamak de Varennes aura terminé sa vie utile, tel que nous le connaissons maintenant. Faudra-t-il le remplacer par une machine plus évoluée ? Peut-être. On peut aussi penser à greffer nos 50 chercheurs et nos 25 techniciens à une équipe internationale et profiter de l'effet de masse critique. Ça dépendra beaucoup de l'état des accords internationaux en matière de fusion à ce moment-là. »

# ITER, LE MASTODONTE INTERNATIONAL

PAR MARIE-NOËLLE DELATTE

La recherche sur la fusion thermonucléaire est une entreprise gigantesque, le genre de projet qui incite les pays à conjuguer leurs efforts. Les Européens travaillent, du reste, en collaboration depuis près de vingt ans. Les Américains et les Russes en parlent depuis 1979, au sein de l'Agence internationale de l'énergie. Mais il a fallu attendre la fin de la guerre froide, en 1990, pour que prenne forme un véritable projet « mondial » de réacteur de fusion, l'International Thermonuclear Experimental Reactor, ou ITER.

Un projet fabuleux, qui nécessitera cinq ans de recherches préliminaires et huit ans de construction, et devrait fonctionner pendant dix ans. Son coût initial : plus de sept milliards de dollars, et des frais d'opérations d'un quart de milliard chaque année ! Un projet « politique », auquel collaboreront les États-Unis, l'URSS, le Japon et la CEE.

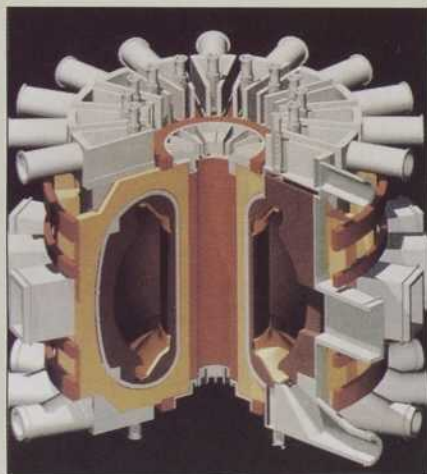
La décision bouleverse toutefois le milieu scientifique européen, qui travaille depuis 1983 sur les plans d'une machine plus modeste, baptisée NET (pour Next European Torus). Les études de recherche-développement étaient presque terminées, et la machine devait être mise en chantier dès l'an prochain. L'événement risque d'être retardé, en attendant que ne se

précise le profil du mastodonte multinational. NET pourrait même être abandonné.

« Dans toutes les réalisations scientifiques réussies, note Claude Gourdon, directeur des sciences de la matière au Commissariat à l'énergie atomique de France, les idées sont venues de la base, c'est-à-dire des scientifiques, et le niveau politique n'a fait qu'arbitrer. Dans le projet ITER, on pose le problème à l'envers. Ce sont les politiciens qui ont décidé de construire cet appareil, et on demande aux scientifiques de rattraper le bateau ! »

## TOUS SES ŒUFS DANS LE MÊME PANIER

Pour ce chercheur de Saclay, en banlieue de Paris, le mode de fonctionnement « pa le haut » est d'autant plus absurde que les divers partenaires n'ont aucune expérience de travail en commun dans le domaine de la fusion. Chacun travaille déjà dans son coin, aucune répartition des tâches n'est définie, et le plan de financement n'existe toujours pas. Pire encore : les partenaires n'ont même pas pu s'entendre sur le choix d'un site où établir l'équipe qui devra travailler, pendant cinq ou six ans, à la conception de la machine. On a donc décidé de former trois groupes de travail, l'un à Garching



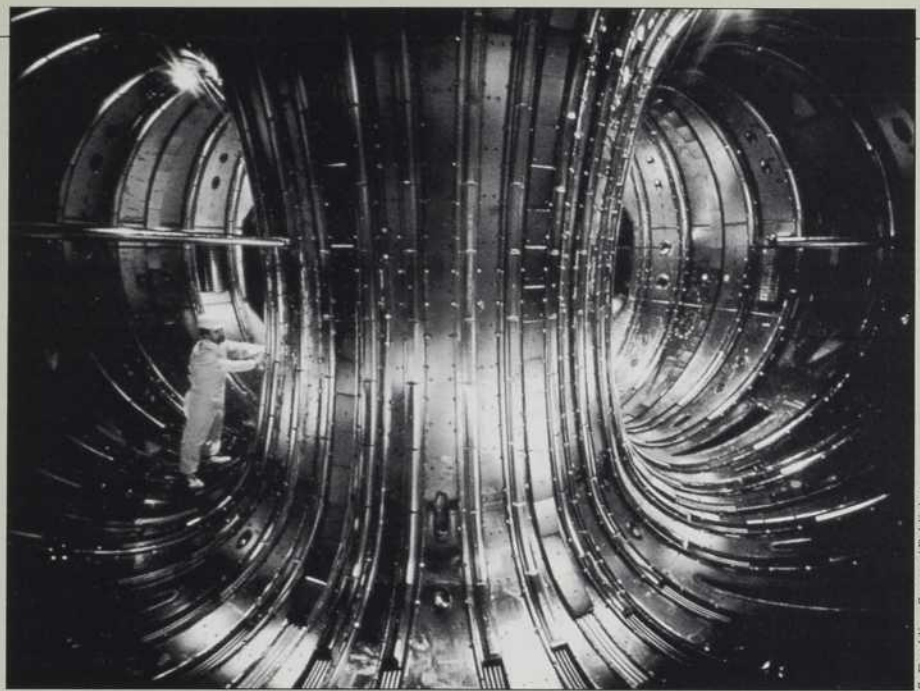
Oak Ridge National Laboratory

*Dessin préliminaire par ordinateur du réacteur de fusion ITER. Le réacteur mesurera plus de 30 mètres de hauteur.*

pour plaire aux Européens, l'autre à Neka pour satisfaire les Japonais, le dernier à San Diego pour répondre aux demandes des Américains. Les Russes n'ont pas proposé de site, pour des raisons économiques, mais un Soviétique dirigera l'équipe américaine, un Européen celle du Japon, et un Américain celle qui sera établie en Europe !

Un bien mauvais départ pour un projet aussi énorme, affirme Claude Gourdon, qui croit essentiel de maintenir actif le programme européen. « Contrairement au projet ITER, fait-il remarquer, NET a l'avantage de s'inscrire naturellement dans une politique de continuité au sein de la CEE. C'est l'aboutissement d'une pensée scientifique commune, rodée depuis une vingtaine d'années, grâce à laquelle le tokamak JET (Joint European Torus) a abouti à un succès scientifique et technique. » Lors de leur conférence de presse de novembre, annonçant la première expérience de fusion deuterium-tritium réussie, les responsables du programme européen ont d'ailleurs insisté à nouveau sur le caractère essentiel de cette prochaine machine européenne.

Les Américains ont eux aussi sur les planches à dessin un prototype intermédiaire, le TNS de Princeton (pour The Next Step), qu'il n'est pas question de suspendre pour l'instant. Mais ces programmes peuvent-ils survivre à la saignée financière requise, si ITER survient trop tôt ? Le seul entretien de la machine devrait coûter aux partenaires la bagatelle de 270 millions de dollars US chaque année, soit 30 à 40 fois plus que les projets américains ou européens. « Est-il souhaitable, demande Claude Gourdon, d'engager de telles sommes dans ITER, quand les recherches effectuées depuis 1983 montrent qu'il est possible de réaliser le même type de réacteur à fusion expérimental avec un prototype plus modeste comme NET ? Pourquoi ne pas construire celui-ci, dans un premier temps, et laisser aux ingénieurs le temps de peaufiner les expériences de manipulation du tritium ou les essais d'endurance des matériaux, avant de mettre en chantier un monstre comme ITER ? »



S. Franklin - Sygma / Publiphoto

### BOUSCULER LES ÉCHÉANCIERS

Qu'est-ce qui justifie donc une telle différence d'échelle ? « Le confort ! répond Brian Gregory, directeur de la recherche au Centre canadien de fusion magnétique de Varennes (CCFM). En augmentant le rayon de la machine, on augmente les chances d'allumer la réaction de fusion. Il faut donc augmenter les facteurs de sécurité. » En fait, le temps actif d'ITER, c'est-à-dire le total des heures pendant lesquelles il y aura fusion thermonucléaire, serait quatre fois plus élevé que pour NET, soit 8 000 heures. Il faudra donc armer le réacteur de matériaux plus résistants et prévoir de meilleurs blindages contre les radiations, par exemple. Est-il trop tôt pour faire ce genre de choix technologiques ? « Ici, nous avons des avis partagés sur la question, avoue Brian Gregory. Mais j'estime qu'on ne doit pas rater cette occasion de se faire aider par les politiciens. Sinon, les projets de moindre envergure, comme NET, souffriront toute leur vie de médiocres financements. »

David Jackson, directeur du programme canadien de fusion, compte lui aussi parmi les défenseurs d'ITER. Selon lui, la fusion ne concerne plus les scientifiques, mais les ingénieurs. « Il est temps de bâtir un réacteur rentable et d'abandonner les projets de laboratoire. On ne peut plus perdre de temps à jouer avec les plasmas. Il faut passer à l'échelle industrielle, et ITER est l'étape ultime avant la construction,

*Un technicien inspecte l'intérieur de la chambre toroïdale à plasma du Joint European Torus (JET).*

vers 2025, d'une première usine d'électricité de démonstration. »

Les scientifiques n'apprécient pas beaucoup l'importance ainsi accordée aux ingénieurs. « C'est le même argument fallacieux que j'entends depuis 15 ans, confie Richard Bolton, physicien en charge du tokamak de Varennes. Cet argument ne tient pas debout. Il revient aux physiciens de déterminer le type de technologie à développer. Et, pour l'instant, les physiciens ne sont pas convaincus que leur technologie soit assez sophistiquée pour remplir ses promesses et pour qu'on la remette dans les mains des ingénieurs ! »

Cette divergence de vue entre les grands patrons du programme national de fusion témoigne de fait que, pour le Canada, le choix définitif entre NET et ITER importe peu. En effet, ce pays est déjà associé au programme européen. Et si la contribution canadienne en matière de fusion est modeste, avec 1 % des fonds investis à l'échelle internationale, le pays est reconnu pour sa maîtrise technologique de la manipulation du tritium et de ses déchets, et se place en première ligne des fournisseurs potentiels de cet isotope de l'hydrogène. Un marché lucratif, à long terme. En outre les connaissances acquises grâce au tokamak expérimental de Varennes, sur les matériaux notamment, seront mises à profit dans la phase de conception des prochaines générations d'appareils. ○

# LE RÊVE DE LA FUSION FROIDE

PAR PIERRE SORMANY

Un inconvénient, avec la fusion, c'est qu'il faut dépenser d'énormes quantités d'énergie pour atteindre les conditions de température et de pression requises pour que les noyaux atomiques s'interpénètrent. On comprendra, dans ce contexte, comment deux électrochimistes, le Britannique Martin Fleischmann et l'Américain Stanley Pons, ont pu bouleverser la communauté scientifique en annonçant, en mars 1989, qu'ils avaient enclenché une réaction de fusion thermonucléaire à température ambiante, dans un simple bain d'électrolyse posé sur une table de laboratoire, à l'Université de l'Utah !

Leur recette : le bain électrolytique contenait de l'eau lourde (formée de deutérium, au lieu d'hydrogène) et des sels de lithium, et les électrodes étaient faites de métaux rares (du palladium et du vanadium, notamment), suscitant avec le lithium une réaction fortement exothermique. Le dégagement de chaleur était prévisible, dans ces conditions, mais les chimistes annonçaient aussi la production de neutrons de manière régulière, signature évidente d'une réaction de type thermonucléaire.

La publication de ce résultat surprenant a fait l'objet d'une conférence de presse. En deux semaines, la nouvelle avait fait la une de tous les grands journaux et magazines du monde entier, et plusieurs dizaines de laboratoires tentaient de reproduire cette étonnante expérience. Une course décevante dans presque tous les cas : seulement deux équipes ont rapporté à leur tour l'émission de neutrons, mais en quantité beaucoup plus faible

que dans l'expérience originale. Et Pons et Fleischmann n'ont guère pu, eux non plus, reproduire leurs résultats ! Reste que ces neutrons étonnaient, d'autant plus qu'on a retrouvé dans la littérature deux autres cas de telles émissions en cours d'électrolyse (en Allemagne en 1927, puis en URSS en 1985). Un mois plus tard, le Congrès américain commandait une série d'études préliminaires à la mise en place d'un programme spécial de 25 millions de dollars pour des recherches sur la « fusion froide ».

En fait, trois phénomènes physiques connus pouvaient expliquer cette surprenante émission de neutrons. Le premier, jugé le plus probable par la majorité des physiciens, c'était la contamination pure et simple des électrodes de vanadium par du tritium radioactif. Les deux électrochimistes de l'Utah avaient, du reste, mené leur expérience et manipulé les détecteurs de neutrons de manière si négligeante que bon nombre de visiteurs de leur laboratoire ont préféré en rester à cette seule explication.

La seconde hypothèse renvoie à « l'effet tunnel », cette capacité que possède toute particule prisonnière d'un champ de force (dans le noyau d'un atome, par exemple) de se rematérialiser soudain à l'extérieur de ce champ. C'est un phénomène propre à la mécanique quantique, qui pouvait expliquer ici la libération de neutrons... à un rythme 1 000 fois moins élevé que ce que rapportait l'équipe de l'Utah !

Enfin, en juin de la même année, le physicien Howard Menlove, du laboratoire de fusion de Los Alamos, réussissait à produire de

manière répétée des bouffées de neutrons, dans divers bains électrolytiques analogues à celui de Pons et Fleischmann. Les mesures révélaient toutefois que cette production n'était pas continue, comme l'avaient cru les deux électrochimistes, mais qu'il s'agissait d'un phénomène de courte durée, au tout début de la mise en route de l'expérience, comme si les électrodes perdaient rapidement quelques neutrons excédentaires. Explication proposée : la réaction d'électrolyse provoquait des microfissures dans ces électrodes métalliques, créant des « étincelles » d'énergie très concentrée, susceptibles d'engendrer localement des réactions de fusion du deutérium entourant le métal. Mais ce phénomène de « fracto-fusion » est de courte durée, libère peu d'énergie et est lié à la structure cristalline de métaux tellement chers qu'il n'est pour l'instant d'aucune application pratique.

*Exit* le beau rêve de la fusion froide... Ce qui n'empêche pas quelques équipes d'électrochimistes de persister et d'annoncer périodiquement de nouveaux résultats troublants. Le dernier en date : une cellule analogue à celle de Pons et Fleischmann aurait produit de la chaleur pendant 850 heures (35 jours) et généré une quantité étonnante de tritium. C'était à l'Université d'Hokkaido, en avril et mai derniers. Mais l'article du Dr Tadahiko Mizuno n'a soulevé aucun intérêt, cette fois. Le fardeau de la preuve est dans le camp des chimistes. Les physiciens sont retournés quant à eux aux tokamaks et autres réacteurs à lasers de très haute énergie !

# NOUVELLES PRATIQUES SOCIALES (NPS)

NPS est un lieu de recherche et de réflexion sur l'intervention sociale critique fondé sur la reconnaissance du pluralisme et axé sur le renouvellement des pratiques sociales issues du réseau institutionnel et des organismes non gouvernementaux.

NPS a un double objectif : offrir une réflexion de niveau universitaire sur les problématiques sociales et s'assurer que cette réflexion soit pertinente pour les milieux d'intervention.

NPS est une revue semestrielle qui s'adresse aux praticiens du réseau des Affaires sociales, aux étudiants engagés en intervention sociale au cégep et à l'université, aux militants des organismes syndicaux, communautaires et bénévoles, aux professeurs et aux chercheurs.



DÉJÀ PARUS

- Vol. 1, n°1 – Les CLSC à la croisée des chemins
- Vol. 2, n°1 – Quinze mois après le rapport Rochon
- Vol. 2, n°2 – Chômage et travail
- Vol. 3, n°1 – Mouvements sociaux
- Vol. 3, n°2 – Pratiques féministes
- Vol. 4, n°1 – Coopération internationale : nouveaux défis

À PARAÎTRE

- Vol. 4, n°2 – La réforme, vingt ans après
- Vol. 5, n°1 – La santé mentale
- Vol. 5, n°2 – Les groupes ethniques

## ABONNEMENT

Je m'abonne à la revue **Nouvelles pratiques sociales** à partir du Vol. \_\_\_\_\_, n° \_\_\_\_\_

|               |                                |                                |                                |
|---------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|               | 3 ans / 6 n°s                  | 2 ans / 4 n°s                  | 1 an / 2 n°s                   |
| Individu :    | <input type="checkbox"/> 43 \$ | <input type="checkbox"/> 33 \$ | <input type="checkbox"/> 20 \$ |
| Étudiant :    | <input type="checkbox"/> 30 \$ | <input type="checkbox"/> 22 \$ | <input type="checkbox"/> 13 \$ |
| Institution : | <input type="checkbox"/> 64 \$ | <input type="checkbox"/> 46 \$ | <input type="checkbox"/> 27 \$ |
| Étranger :    | <input type="checkbox"/> 72 \$ | <input type="checkbox"/> 52 \$ | <input type="checkbox"/> 30 \$ |
| À l'unité :   | <b>16 \$</b>                   |                                |                                |

Les prix incluent les taxes

Je désire recevoir les numéros de **Nouvelles pratiques sociales** suivants: Vol. \_\_\_\_\_, n° \_\_\_\_\_  
Vol. \_\_\_\_\_, n° \_\_\_\_\_

Nom : \_\_\_\_\_  
 Adresse : \_\_\_\_\_  
 Ville : \_\_\_\_\_  
 Province : \_\_\_\_\_ Code postal : \_\_\_\_\_  
 Chèque ou mandat postal ci-joint  
 Visa  Mastercard  
 N° de carte \_\_\_\_\_  
 Date d'expiration \_\_\_\_\_  
 Signature \_\_\_\_\_

Libellez votre chèque ou mandat postal à :  
**Nouvelles pratiques sociales**  
 Presses de l'Université du Québec  
 C.P. 250, Sillery, Québec, G1T 2R1  
 Téléphone : (418) 657-3551, poste 2860  
 Télécopieur : (418) 657-2096

### POUR COMPRENDRE

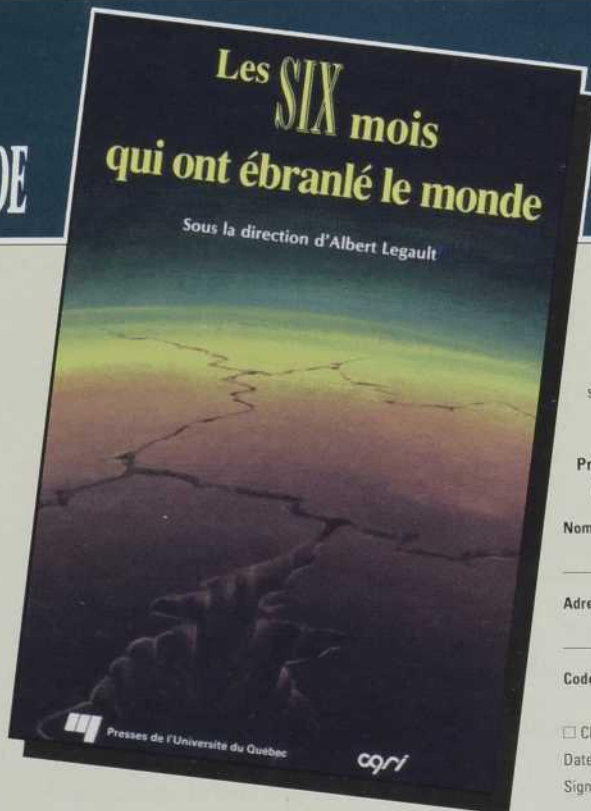
## LA DÉBÂCLE DU MONDE COMMUNISTE

# LES SIX MOIS QUI ONT ÉBRANLÉ LE MONDE

LE POINT SUR LES GRANDS CHAMBARDEMENTS SURVENUS EN EUROPE DE L'EST. UNE MERVEILLEUSE ANALYSE DES FAITS ET DE LA SITUATION.

LES SIX MOIS QUI ONT ÉBRANLÉ LE MONDE  
 Sous la direction de Albert Legault  
 1991, ISBN 2-7605-0637-1  
 330 pages

32,10 \$  
TPS INCLUSE



**EN VENTE CHEZ VOTRE LIBRAIRE**

ou chez l'éditeur au (418) 657-3551, poste 2860 service à la clientèle. Vous pouvez aussi indiquer le nombre d'exemplaires désiré dans la case placée à côté du prix, et expédier cette annonce avec votre paiement aux:

Presses de l'Université du Québec, C. P. 250, Sillery, (Québec) G1T 2R1 • Télécopieur : (418) 657-2096

Nom \_\_\_\_\_  
 Adresse \_\_\_\_\_  
 Code postal \_\_\_\_\_ Tél. ( ) \_\_\_\_\_  
 Chèque  Mandat postal  Visa  MasterCard  
 Date d'exp. \_\_\_\_\_ Numéro \_\_\_\_\_  
 Signature \_\_\_\_\_

# LE VIVANT SOUS BREVET

Par Jean-Marc Fleury

**Les nouvelles disciplines scientifiques du vivant sont en passe d'ouvrir une brèche béante dans l'édifice légal traditionnel. Mais breveter les inventions du génie génétique ne va pas sans susciter de nombreux débats moraux.**

**L**e 10 juin dernier, Craig Venter, obscur chercheur américain, posait un geste qui allait ébranler le monde scientifique. Ce jour-là, au nom des National Institutes of Health, il déposait à l'Office des brevets américain une requête pour 337 des 50 000 à 100 000 gènes de notre patrimoine génétique. À la grande stupeur de ses collègues du monde entier, il demandait en quelque sorte une exclusivité de 17 ans sur les codes génétiques qui font que vous avez peut-être hérité des fossettes de votre papa ou des longs cils de votre grand-maman.

Craig Venter ne connaît même pas les fonctions que commandent ces gènes, mais ses séquenceurs en décrivent les arrangements moléculaires au rythme d'une centaine par jour. Venter est le premier à vouloir breveter cette information sur laquelle est en train de se construire toute une industrie. Qui sait ? peut-être que ces gènes codent pour des hormones. Dans ce cas, le génie génétique permettrait de

les insérer dans des bactéries, des cellules animales ou même dans le pis des vaches pour les transformer en véritables usines pharmaceutiques vivantes.

## LE VIVANT CHOSIFIÉ

La requête du chercheur américain est le point culminant d'un irrésistible processus de chosification et de mercantilisation du vivant. Et le phénomène montre des signes d'emballement, à cause de la tendance à rentabiliser la recherche scientifique et du pouvoir que donne le génie génétique sur la vie.

D'un côté, la précision grandissante de la biologie moléculaire a fait des êtres vivants des machines. Non seulement a-t-on appris à les décrire de façon très détaillée, mais le génie génétique a permis de les modifier à volonté. À tel point, que diverses souches d'une inoffensive bactérie de notre système digestif, *Escherichia coli*, brevetées par des dizaines de compagnies, fabriquent maintenant

tout un cocktail d'hormones humaines. De la bactérie, on est passé aux êtres multicellulaires – aux végétaux, puis aux animaux –, avant d'entreprendre le mégaprojet du génome humain, la cartographie de la totalité des gènes de l'hérédité humaine.

D'un autre côté, on exerce de plus en plus de pression sur les scientifiques afin qu'ils rentabilisent leurs travaux. C'est le cas surtout aux États-Unis, où le génie génétique demeure l'un des domaines qui permet aux sociétés américaines de maintenir une bonne avance sur leurs concurrentes japonaises. Mais c'est aussi le cas ailleurs. Le Conseil de la recherche médicale du Royaume-Uni,

Institut de recherche en biotechnologie, CNRS





*Ce chercheur de l'Institut de recherche en biotechnologie du CNRC examine des échantillons de levures transgéniques brevetées.*

qui s'était insurgé contre le projet américain de breveter les gènes, a tout mis en place pour vendre des abonnements à ses séquences de codes génétiques humains pour 10 000 \$ par année !

Dans le cas des brevets sur les gènes humains, il reste à savoir si la requête de Craig Venter répond aux trois critères de nouveauté, d'utilité et d'inventivité nécessaires (voir l'encadré « Le brevet »), mais le chercheur ne veut pas courir le risque de voir les

Japonais et les Anglais s'emparer les premiers de sa découverte.

### L'ÉTHIQUE DE LA BREVETABILITÉ

Le 12 décembre dernier, le Centre de recherches pour le développement international (CRDI) organisait à Ottawa un débat sur l'éthique de la brevetabilité du vivant et ses implications pour la société, dans les pays industrialisés et les pays en développement.

Lors de ce débat, la position de l'industrie était défendue par Me Robin Quinn, président de l'Association cana-

dienne de l'industrie biotechnologique. L'Association compte 34 membres, « petits et grands, de secteurs aussi diversifiés que la santé, les mines, le traitement des déchets et la foresterie ». « Aux États-Unis, ajoutait Me Quinn, on a déterminé qu'il en coûte 230 millions de dollars pour mettre au point un nouveau médicament. Nous devons faire en sorte de créer chez nous le climat qui va assurer les investisseurs qu'ils feront un profit. D'énormes sommes iront ainsi là où elles seront les bienvenues. » Les industriels investissant dans les technologies du génie génétique exigent de pouvoir breveter leurs

nouvelles usines vivantes. Pour eux, il n'y a pas de différence entre une trappe à souris améliorée et un gène, entre une usine « en briques » et une usine « biologique ». Comme le dit Me Quinn, « le brevet est moralement neutre ».

Mais tous ne pensent pas ainsi. Pour beaucoup, le fait que l'on puisse s'arroger la propriété d'êtres vivants, qu'il s'agisse de plantes, d'animaux ou de cellules humaines, constitue une sorte de désacralisation du vivant. Ce processus a vraiment commencé il y a 150 ans, lors des premières synthèses en laboratoire de substances jusqu'alors exclusivement produites par des êtres vivants. Il s'est poursuivi avec l'habileté grandissante qu'a acquise l'homme de modifier le vivant à volonté, d'abord par des méthodes de croisement de plus en plus raffinées, puis par l'induction de toutes sortes de mutations par radioactivité, substances toxiques ou chocs thermiques et, enfin, par génie génétique. Ce rapprochement entre l'inanimé et l'animé, le naturel et l'artificiel, crée chez beaucoup de personnes un profond malaise. Pas surprenant que des groupes religieux américains aient demandé un moratoire sur les brevets portant sur les animaux.

Lors du débat, plusieurs opposants à la brevetabilité du vivant ont invoqué aussi le fait que les êtres vivants se reproduisent. Ils se sont demandé comment le détenteur d'un brevet sur des bovins transgéniques pourrait s'approprié aussi leur descendance. Cette question revêt une grande importance pour les agriculteurs, qui seraient tenus de payer des droits, par exemple, sur toutes les générations d'une variété d'avoine ou d'une race de porc améliorée.

Les êtres vivants résultent d'une longue évolution. « Ils sont l'héritage commun de l'humanité et ne devraient pas appartenir à quelques-uns », a dit Thérèse Leroux, avocate et chercheuse au Centre de recherche en droit public de l'Université de Montréal.

### LE LIBRE-ÉCHANGE GÉNÉTIQUE

En mercantilisant la recherche biologique, le brevet nuirait aussi à l'échange

d'information entre chercheurs. « Il n'y a pas de doute, dit John Martens, coordonnateur de la recherche sur les céréales et les oléagineux à Agriculture Canada, la libre circulation de l'information est réduite. Terminé, le libre-échange ! Il peut arriver que l'on donne nos gènes à d'autres chercheurs, que ceux-ci les introduisent dans une variété et qu'ils la protègent par un brevet. Ensuite, on ne peut plus utiliser nos propres gènes. »

Enfin, ceux qui risquent d'être le plus frustrés par ce processus d'appropriation du vivant sont les pays en développement. Presque tout ce que nous cultivons et mangeons est originaire de l'un ou l'autre pays du Sud. John Martens explique comment il a souvent parcouru des pays du Tiers Monde pour y recueillir du matériel génétique qu'il ramenait au Canada. « Les gens nous aidaient dans notre collecte, même dans des pays comme l'Irak. Bien entendu, nous leur remettons ensuite nos propres variétés. Le Canada et les États-Unis ont été très généreux et n'ont jamais refusé de donner leurs propres variétés et même plus », ajoute-t-il. Mais la possibilité de breveter les plantes est en train de changer complètement ce libre-échange génétique.

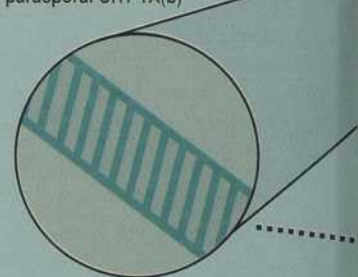
D'ailleurs, la possibilité de voir « leur » patrimoine génétique tomber entre les mains d'étrangers a déjà compliqué la vie des chercheurs. Certains pays du Sud ont restreint l'accès à leur matériel végétal. Les relations internationales entre chercheurs sont plus tendues. Même dans les laboratoires des pays industrialisés, la vie des scientifiques est affectée par la perspective de la brevetabilité.

### LES AVOCATS AU LABO

« Aux États-Unis, les avocats circulent maintenant dans les labos, à l'affût de toute information ou invention pouvant faire l'objet d'un brevet, sans même tenir compte de l'avis du chercheur », dit François Pothier, rejoint à son laboratoire du Centre hospitalier de l'Université Laval (CHUL), à Québec. En effet, les avocats n'attendent même plus que le chercheur les contacte, ils prennent les devants et par-

## FABRICATION D'UNE

Gene du bacille codant le cristal parasporal CRY 1A(b)



Introduction du gène bactérien modifié dans le bagage génétique de la plante



Canola transgénique produisant le cristal parasporal insecticide

courent les labos en offrant leurs services : « Votre travail est formidable. Je suis certain qu'il pourrait vous rapporter gros. Vous me donnez tant et je vous obtiens le brevet. »

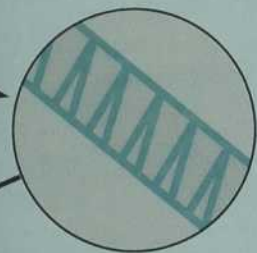
« Nous sommes certainement soumis à des pressions grandissantes, dit François Pothier. Les sommes allouées à la recherche n'augmentent pas proportionnellement au nombre de chercheurs. Dans ces conditions, une recherche appliquée offrant un produit ou une technique brevetable constitue un atout. » Plusieurs laboratoires tentent de trouver un compromis entre les investissements exigés pour un brevet et les profits potentiels. Ainsi, au lieu d'entreprendre les coûteuses démarches de demande de brevet, un laboratoire peut offrir son invention à un partenaire industriel qui s'occupera de la faire breveter, moyennant certaines redevances.

## PLANTE TRANSGÉNIQUE

*Bacillus thuringiensis*



Modification du gène bactérien  
afin d'en faciliter la lecture par la plante



### LA LOI SUR LA PROTECTION DES OBTENTIONS VÉGÉTALES

La Loi sur la protection des obtentions végétales a été adoptée le 19 juin 1990, mais ses règlements, seulement en novembre dernier. Elle accorde des droits exclusifs au sélectionneur (dans le cas des plantes, on ne parle pas d'inventeur) pendant 18 ans, sur de nouvelles variétés dans six catégories de plantes : blé, canola, soja, pomme de terre, roses et chrysanthèmes. De nouvelles catégories seront ajoutées périodiquement. Cette loi est beaucoup moins restrictive que celle régissant les brevets, car toute variété protégée peut être utilisée librement comme ressource génétique dans le développement d'autres variétés. De plus, la loi de la plupart des pays autorise les agriculteurs à ressemer leurs propres graines.

« Notre politique, dit le directeur de l'Institut de recherches cliniques de Montréal, Michel Chrétien, est d'offrir ce qui est brevetable à un partenaire industriel. J'aime mieux que ce soit mon partenaire qui décide de l'intérêt de mon invention. L'industrie voit mieux le potentiel de telles découvertes. » M. Chrétien appuie l'extension du brevet au vivant. « Je ne vois pas de différence entre vivant et non-vivant, dit-il. Du côté de la propriété intellectuelle, j'irais même plus loin. L'industrie va aller là où les brevets sont protégés. S'il le faut, allons jusqu'à 30 ans d'exclusivité. » C'est pour

quoi, lorsqu'un des chercheurs de l'Institut, Paul Jolicoeur, a inventé des souris transgéniques, Michel Chrétien était d'accord pour que l'on envisage l'obtention d'un brevet.

### MYC-MOUSE, LA SOURIS BREVETÉE

M. Jolicoeur crée des souris transgéniques, c'est-à-dire des souris ayant intégré un gène étranger dans leur bagage génétique. Chez l'une de ces souris transgéniques, le gène étranger additionnel est un oncogène, un gène associé à l'apparition de tumeurs cancéreuses. Les souris oncogènes constituent présentement l'un des plus puissants outils d'étude du cancer. L'intérêt pour le spécimen de M. Jolicoeur est grand, car cette souris porte le gène associé au type de cancer du sein le plus commun. L'Institut de recherches

cliniques aurait bien aimé breveter la souris oncogène du chercheur, mais cela ne fut pas possible. Comme l'explique M. Jolicoeur, « l'« oncomouse » couvre toutes les souris avec oncogènes ».

L'oncomouse, aussi appelée Myc-Mouse ou souris de Harvard, a le privilège d'être le premier animal breveté au monde.

Bien entendu, Myc-Mouse a vu le jour aux États-Unis, pays où le taux d'avocats par habi-

tant est le plus élevé et où la brevetabilité se manifeste dans ses formes les plus extrêmes. Ainsi, le 12 avril 1988, l'Office américain des brevets accordait à l'Université Harvard un brevet pour toute souris qu'on aura dotée d'un gène du cancer. Cette décision a soulevé un tel tollé, que Myc-Mouse demeure, aujourd'hui encore, le seul animal breveté aux États-Unis, même si la file d'attente n'en finit pas de s'allonger. Cela n'a cependant pas empêché l'Office européen des brevets de reconnaître le brevet Myc-Mouse, en octobre dernier, au terme d'un long débat. En effet, la convention que

l'Office a le mandat d'appliquer stipule textuellement que les brevets ne peuvent être accordés pour les « variétés végétales ou les races animales ». L'organisme a dû accorder le brevet à cause de l'intervention de sa chambre de recours, qui subissait les pressions de la compagnie américaine Dupont de Nemours, détentrice de la licence exclusive de la souris de Harvard.

### LA LOI CANADIENNE

Au Canada, la Loi sur les brevets ignore complètement la question de la brevetabilité des formes de vie. Pour les plantes, il existe quand même un régime spécial, la Loi sur la protection des obtentions végétales, dont le gouvernement fédéral a adopté les règlements, en novembre dernier. Cette loi accorde des droits exclusifs d'une durée de 18 ans, dits droits de phytosélection, sur des variétés nouvelles de plantes. Dans le cas des êtres unicellulaires (microbes, bactéries, levures, lignées cellulaires), des brevets ont été accordés depuis 1982, à la suite d'une demande de la compagnie Abitibi, portant sur des microbes utilisés dans la biodégradation des déchets des usines de pâtes et papiers. Jusqu'ici, aucun brevet n'a été accordé, au Canada, pour des êtres multicellulaires, plantes ou animaux.

En fait, il suffirait peut-être qu'une compagnie décide de demander un brevet sur une plante ou un animal pour que le Canada suive les traces des États-Unis et de l'Europe. À l'heure actuelle, la question de savoir s'il est possible d'obtenir un brevet pour une forme de vie multicellulaire n'a pas de réponse précise. Il faudrait, par contre, que le demandeur soit prêt à se rendre jusqu'en Cour suprême.

En 1989, la Cour suprême du Canada a rejeté une demande de la compagnie Pioneer Hi-Bred qui désirait breveter une variété de soja créée à l'aide de techniques traditionnelles de croisement. La Cour a alors souligné la différence entre les techniques traditionnelles de croisement, utilisées depuis longtemps, et les techniques du génie génétique, où il y a modification directe du code génétique. Puisque aucune nouvelle variété produite selon

les techniques traditionnelles n'a jamais fait l'objet de brevet, la Cour a jugé que la demande de Pioneer Hi-Bred ne méritait pas que l'on mette fin à cette longue tradition. Depuis ce temps, le Bureau des brevets rejette toute demande portant sur des êtres multicellulaires, plantes ou animaux.

Me Joy Morrow, du bureau d'Ottawa des agents en brevets et marques de commerce Smart & Biggar, regrette que la Cour suprême ait dû, pour une première demande de brevet portant sur un végétal, statuer sur une plante produite selon les méthodes traditionnelles au lieu d'une plante produite par génie génétique. « Peut-être, estime l'avocate, que le résultat aurait été différent avec un cas où le degré d'intervention humaine aurait pu être mieux évalué par la Cour. » Me Thérèse Leroux, de l'Université de Montréal, n'écarte pas non plus la possibilité que quelqu'un puisse obtenir un brevet sur un transgénique multicellulaire dans le cadre de l'actuelle loi canadienne des brevets. « Parmi les choses brevetables énumérées dans la Loi, on précise « composé de matières ». Or, dit Me Leroux, on peut toujours dire d'une plante ou d'un animal qu'elle ou il est un composé de matières. »

### GÈNE EN INSTANCE DE BREVET

Pour le moment, aucune compagnie n'a entrepris de contester le Bureau des brevets. Lorsque l'on demande au porte-parole de l'industrie, Me Quinn, de donner un exemple de plante ou d'animal qu'une compagnie canadienne aurait intérêt à breveter, il mentionne le canola.

Le canola est une plante oléagineuse qui produit de l'huile végétale, tout comme l'arachide ou le tournesol. Troisième culture d'exportation dans l'Ouest canadien, le canola voit son marché augmenter rapidement. Plusieurs compagnies semencières souhaitent en améliorer les rendements et la résistance aux insectes. Grâce au génie génétique, on envisage la possibilité que la plante sécrète son propre insecticide. Il suffit de greffer au bagage génétique des cellules de canola un gène qui commande la production

## LE BREVET

Dans la plupart des pays du monde, le brevet est accordé lorsque l'invention répond à trois critères : la nouveauté (quelque chose qui était inconnu jusque là), l'inventivité (quelque chose qui n'est pas évident pour une personne du domaine) et l'utilité (la plupart du temps dans le domaine commercial). Au Canada, l'invention doit aussi faire partie d'une catégorie d'objets brevetables : réalisation, procédé, machine, fabrication ou composition de matières, « ainsi que tout perfectionnement de l'un d'eux, présentant le caractère de la nouveauté et de l'utilité ».

Le détenteur du brevet obtient le droit de propriété exclusive de l'invention pour 20 ans, ce qui lui permet d'exiger des redevances et de rentabiliser son travail. En retour, l'inventeur doit rendre publique la description de son invention.

d'une substance insecticide. De tels gènes existent, entre autres chez le bacille thuringien, ou Bt, que l'on trouve dans le sol.

Diverses souches de Bt produisent une foule de toxines très spécifiques, efficaces contre plusieurs familles d'insectes ravageurs. Au Québec, on arrose les forêts de Bt depuis des années, afin de lutter contre la tordeuse du bourgeon de l'épinette. Par génie génétique, on a déjà fabriqué des dizaines de plantes et même des épinettes, dont le bagage génétique a été enrichi d'un gène du Bt.

Roland Brousseau, de l'Institut de recherche en biotechnologie de Montréal, a été le premier à séquencer entièrement le gène du bacille thuringien (*Bacillus thuringiensis kurstaki*) codant pour une protéine très toxique pour les principaux insectes ravageurs du canola. Montréal a donc mis son gène à la disposition de l'industrie par l'entremise de l'Institut de biotechnologie des plantes, à Saskatoon. En même temps, l'Institut a déposé une demande de brevet pour le gène. Au cours de l'hiver, M. Brousseau travaillait à le « réécrire » différemment, car les plantes n'interprètent pas l'alphabet génétique de la même façon que les bactéries. « On est en train

**JOUER LE RÔLE  
DU COMMISSAIRE DES BREVETS**

*Si vous étiez le Commissaire des brevets, accorderiez-vous le brevet demandé par le chercheur américain Craig Venter ?*

Relisez la première partie de l'article où il est question de la demande de Venter de breveter des gènes humains. Relisez ensuite la fin du 5<sup>e</sup> paragraphe et l'encadré sur le brevet. Écrivez-nous pour nous communiquer votre décision.



de le rebâtir, afin que les plantes puissent le décoder correctement. Je devrais avoir ce nouveau gène en février, espère M. Brousseau. Peut-être ferons-nous alors une nouvelle demande de brevet. »

Les compagnies semencières pourront alors introduire le nouveau gène dans des canolas transgéniques sécrétants de toxines insecticides et, peut-être, breveter ces variétés. En attendant, les fonctionnaires chargés d'appliquer la Loi sur les brevets se retrouvent avec des enjeux de plus en plus considérables, qu'ils doivent évaluer à la lumière de règlements et de jugements ambigus.

### LE DROIT À L'INNOVATION GÉNÉTIQUE

Quant à la plupart des scientifiques interviewés, il ne fait pas de doute pour eux qu'il faut récompenser l'innovation génétique, mais à l'intérieur de certaines limites. François Pothier, qui a rédigé le compte rendu d'un débat tenu à l'ACFAS (Association cana-

dienne-française pour l'avancement des sciences) en mai dernier, sur l'éthique de la manipulation des gènes humains, résume bien leur opinion. Pour ce qui est des gènes humains, il s'indigne de l'intention des Américains de les breveter. « C'est honteux. D'un point de vue moral, c'est ridicule. On est en train de breveter des bouts d'ADN (support moléculaire des gènes) qui appartiennent à tout le monde. » Par ailleurs, comme beaucoup de scientifiques, il n'a pas d'objection à ce que l'on vende l'information décrivant ces gènes, comme se proposent de le faire les Britanniques. (M. Pothier et ses collègues ont eux aussi inventé une souris transgénique, qui simule certaines conditions des personnes souffrant de dépression. Ils n'ont pas cherché à la breveter, mais ils sont en pourparlers avec un distributeur d'animaux de laboratoire afin de la mettre sur le marché. Les souris transgéniques feront l'objet d'un article dans un prochain numéro de *Québec Science*.)

François Pothier n'a pas non plus d'objection quant à l'idée de breveter un gène humain modifié qui, introduit dans la glande mammaire d'une vache, par exemple, permettrait à l'animal de produire des substances utiles. Une compagnie ayant produit de telles vaches transgéniques aurait le droit de protéger son investissement. « On a produit ce gène, il n'existe pas dans la nature. Dans ce sens, on aurait droit de le breveter », explique le chercheur.

Pour les scientifiques, la distinction importante, donc, consiste à déterminer si le gène, la plante ou l'animal existe dans la nature. Si la forme de vie existe déjà, pour eux, pas question de breveter ; mais si le gène ou l'être vivant a été modifié, alors on est d'accord pour le breveter.

Le mouvement actuel vers le « brevetage » du vivant semble inéluctable. Le 25 novembre dernier, le Comité consultatif national de la biotechnologie demandait au gouvernement canadien d'harmoniser « la législation canadienne sur les brevets avec celle des autres pays industrialisés ». En clair, cela veut dire que l'industrie canadienne demande au gouvernement d'aller dans le même sens que les États-Unis, l'Europe et le

Japon, où l'on peut breveter les êtres multicellulaires, animaux compris.

Plusieurs des participants au colloque du CRDI semblaient se résigner à ce que le brevet englobe le vivant. Par contre, tout comme la loi a prévu un régime spécial pour les plantes, on insiste pour que les autres formes de vie fassent aussi l'objet d'un régime spécial. Un compromis envisagé emprunterait certaines caractéristiques au droit des obtentions végétales, par exemple en permettant la libre utilisation du matériel aux fins de recherche : seul l'utilisateur commercial serait tenu de payer les redevances. On propose aussi une exemption pour les agriculteurs, de façon à ce qu'ils n'aient pas à payer de droits sur les nouvelles générations de leur plante ou animal amélioré.

Dans le cas des pays en développement, Patrick Mooney, activiste anti-brevet et coordonnateur du Rural Advancement Fund International, propose que l'on étudie des modes de protection différents, comme les certificats d'invention, ainsi qu'un type de brevet simplifié, déjà utilisé dans plus d'une douzaine de pays en développement, qui mettraient les brevets à la portée des groupes moins bien dotés en ressources financières et en avocats.

Même Me Quinn, farouche défenseur d'un « système qui fonctionne bien pour nous, mais pas nécessairement aussi bien pour les autres », conclut : « On peut toujours le modifier. » □

#### Pour en savoir plus :

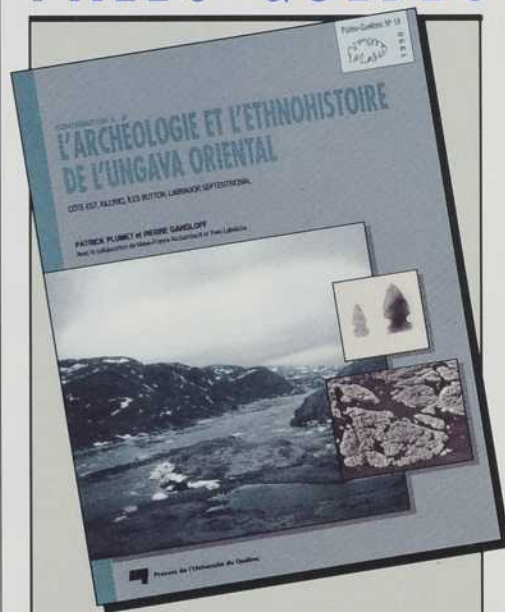
« Le Droit et le vivant »  
par Bernard Edelman  
*La Recherche*, juillet-août 1989.

« L'impérialisme du brevet »,  
par Jean-Christophe Galloux,  
dans *Nouvelles Technologies et propriété*,  
actes du colloque tenu à la Faculté  
de droit de l'Université de Montréal,  
les 9 et 10 novembre 1989,  
Les Éditions Thémis.

*Plan d'action national  
sur la biotechnologie*,  
5<sup>e</sup> rapport, 1991,  
Comité consultatif national  
sur la biotechnologie,  
Industrie, Sciences et Technologie Canada.

*S'approprier la vie ; la recherche,  
le droit et les biotechnologies*,  
par Brian Belcher et Geoffrey Hawtin,  
CRDI, Ottawa, 1991.

## LA COLLECTION PALEO-QUÉBEC



N° 19 / 1990

### CONTRIBUTION À L'ARCHÉOLOGIE ET L'ETHNOHISTOIRE DE L'UNGAVA ORIENTAL

Patrick Plumet et Pierre Gangloff  
286 pages, 55 \$

Cet ouvrage rend compte des reconnaissances et des sondages effectués en 1967, 1978 et 1979 le long de la côte est de la baie d'Ungava, autour de Killiniq, aux îles Button et à l'extrémité nord du Labrador. Une quarantaine de sites ont été localisés et quelques-uns ont fait l'objet de sondages.

#### BON DE COMMANDE

Nom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Code postal \_\_\_\_\_ Téléphone ( ) \_\_\_\_\_

Chèque  Mandat postal  Visa  MasterCard

Date d'expiration \_\_\_\_\_

Numéro \_\_\_\_\_

Signature \_\_\_\_\_

**AJOUTEZ LA TPS (7 %)**

#### EN VENTE CHEZ VOTRE LIBRAIRE OU CHEZ L'ÉDITEUR

Communiquez avec le (418) 657-3551, poste 2860  
ou indiquez le nombre d'exemplaires désiré dans la case  
placée à côté du titre, et expédiez cette annonce avec  
votre paiement aux :

Presses de l'Université du Québec  
C.P. 250, Sillery, Québec, G1T 2R1  
Télécopieur : (418) 657-2096



# LES INSECTES SOCIAUX UNE QUESTION DE CHIMIE

PAR RENÉ CAISSY

**Le vocabulaire n'a pas changé,  
et on parle encore de reine, d'ouvrières et de soldats.  
Mais l'étude des comportements sociaux des abeilles,  
des fourmis, des guêpes et des termites  
répond maintenant à des considérations chimiques  
plutôt qu'anthropomorphiques.**

**P**our certains naturalistes du Moyen Âge, l'ordre et la discipline qui s'observent à l'intérieur d'une ruche ou d'une fourmilière ont une origine divine ou obéissent aux mêmes motifs que ceux d'un peuple qui suit son roi. Toujours en vigueur de nos jours, la nomenclature reine-ouvrières-soldats témoigne bien des projections dont les insectes sociaux étaient alors l'objet. À l'époque les observations scientifiques, pourtant de grande valeur, étaient trop souvent alourdies par ces remarques de nature philosophique ou spirituelle.

Mais avec les progrès du 20<sup>e</sup> siècle, l'entomologie abandonne progressivement l'approche anthropomorphique. Là où jadis on recourait à l'autorité de la reine pour expliquer le dévouement que les ouvrières lui manifestent, les microanalyses chimiques ont permis de découvrir qu'une substance chimique spécifique, la phéromone de la reine, opère une part importante du contrôle social au sein d'une colonie d'abeilles. Grâce à de nouvelles disciplines, comme l'éthologie ou la sociobiologie, qui définissent mieux les comportements et les rapports sociaux chez les animaux, les sociétés d'insectes se révèlent soumises à des règles fort différentes de celles qui commandent nos sociétés humaines...

## QUE SERAIT LA TERRE SANS EUX ?

« Alors que l'homme a atteint le sommet de l'évolution chez les vertébrés, ce sont les insectes sociaux qui occupent cette place chez les invertébrés. » C'est avec une certaine hésitation qu'André Francoeur, professeur de biologie et responsable du laboratoire de biosystématique de l'Université du Québec à Chicoutimi, consent à établir une comparaison entre le succès évolutif des insectes sociaux et le nôtre. Et pour cause. M. Francoeur souligne que, plus souvent qu'autrement, les comparaisons et les approches anthropomorphiques nuisent davantage à la science des insectes qu'elles ne la font évoluer.

Pourtant, en termes d'impact environnemental et d'occupation des différentes niches écologiques, les insectes sociaux et l'homme ont réellement beaucoup en commun : « À l'exception des endroits où le froid est extrême, raconte M. Francoeur, la formule sociale a permis aux fourmis d'exploiter toutes les régions du monde, d'acquiescer des modes de vie adaptés et de compter sur une grande diversité alimentaire pour se nourrir. » À elles seules, les fourmis pèsent plus lourd que tous les oiseaux et reptiles réunis, rappelle-t-il. Elles délogent sans difficulté le ver de terre comme premier responsable du brassage et de l'oxygénation des sols... Sur le plan écologique, une différence nous éloigne toutefois des fourmis : alors que la disparition de l'espèce humaine aurait peu d'influence sur la continuité de la vie sur Terre, celle des insectes sociaux serait catastrophique !

Les abeilles, les guêpes et les fourmis appartiennent à l'ordre des Hyménoptères et remontent à la fin du secondaire. Quoique les témoins fossiles de ces insectes sociaux soient relativement pauvres, des fourmis, trouvées dans un gisement du miocène inférieur et datant au moins de quinze millions d'années, ont montré des anatomies et des tailles presque similaires à nos contemporaines, ce qui donne à penser qu'elles possédaient sûrement aussi une organisation sociale proche de celle qu'on retrouve

aujourd'hui. Les termites, plus primitifs, sont également plus anciens, et l'ordre des Isoptères auquel ils appartiennent serait apparu vers la fin du primaire. Le fait que des espèces si différentes démontrent des similitudes et un succès semblable en matière d'organisation sociale est un cas typique de convergence évolutive.

Pour témoigner du succès et de l'ancienneté des insectes sociaux, André Francoeur se réfère moins aux témoins fossiles qu'à certaines espèces actuelles de mammifères ou de poissons, qui ont évolué en s'adaptant principalement à l'exploitation des fourmis : c'est le cas du tamanoir, ce mammifère qui, de sa langue visqueuse et longue, se nourrit en soutirant à la fourmilière quelques effectifs...

## DES TÂCHES SPÉCIALISÉES

En Occident, jusqu'au 15<sup>e</sup> siècle, on croyait que les abeilles naissaient de la décomposition d'un cadavre de taureau... Le fait qu'elles éclosent à partir de larves et subissent une série de transformations au cours de leur existence était inconcevable à une époque où l'on croyait que l'émergence d'une espèce était le fruit d'une génération spontanée.

On reconnaît aujourd'hui qu'un aspect fondamental de l'organisation sociale d'une colonie d'insectes réside dans le fait que les individus qui la composent adoptent des comportements différents à mesure qu'ils avancent en âge. Une abeille, par exemple, vaquera aux tâches à l'intérieur du nid durant sa jeunesse et occupera des fonctions davantage dirigées vers l'extérieur à mesure qu'elle approchera de la fin de sa vie.

Propriétaire d'un rucher pendant près de dix ans et professeur de biologie à l'Université Laval, où il enseigne également l'apiculture, Jean-Marie Perron connaît bien ces transformations qui affectent l'abeille *Apis mellifera* au cours de son existence. « Peu de temps après son éclosion, explique-t-il, la jeune abeille est affectée à l'entretien de la ruche. Au troisième jour se développent dans sa tête les glandes hypopharyngiales, qui produisent de la gelée royale, et l'abeille joue alors le

rôle de nourrice, s'occupant de nourrir les larves. Puis, ces premières glandes s'atrophient, et de nouvelles glandes, cirières, apparaissent sous l'abdomen. En utilisant la cire pour la construction d'alvéoles, notre abeille devient bâtisseuse. Elle sera ensuite gardienne à l'entrée de la ruche, puis, au 21<sup>e</sup> jour, elle deviendra butineuse. »



Le fait que différentes tâches soient accomplies simultanément, au sein d'une société d'insectes, nous explique en partie les étonnantes possibilités de ces derniers. En effet, il est démontré que dans tout système les individus se spécialisent dans des tâches particulières sont plus rentables que des individus polyvalents. Une fourmi, par exemple, peut se spécialiser dans le tri de ce qui constitue de la nourriture pour la colonie, parmi le tas d'objets hétéroclites que ramène sa consœur moissonneuse, laquelle a un cerveau aux capacités modestes, qui n'autorise pas grand discernement. Ces mécanismes en vertu desquels des individus d'une même colonie adoptent des comportements différents et complémentaires permettent la réalisation d'œuvres considérables.

Une autre composante essentielle de l'organisation sociale de la majorité des sociétés d'insectes réside dans leur hiérarchie matriarcale : toute la descendance provient d'une seule et même femelle, la reine (quoique certaines sociétés en possèdent plusieurs). On sait maintenant que cette exclusivité de la reine à assurer la descendance



Darrigal-Jacama / Publiphoto

Une reine en train de pondre (jaune). La reine émet environ 1500 œufs en 24 heures, ce qui se traduit par un rythme aussi impressionnant de naissances de jeunes abeilles et assure le renouvellement de la « main-d'œuvre », car les butineuses ont une durée de vie de quelques semaines seulement.

Mais les phéromones n'ont pas qu'un effet inhibiteur. Le mot « phéromone », qui vient des racines grecques *pherein* (transporter) et *horman* (excitation), s'applique à plusieurs types de molécules messagères. Ces sécrétions chimiques émises par un individu provoquent parfois chez un autre individu de la même espèce qui les perçoit des modifications comportementales ou biologiques. On parle de phéromones sociales, de phéromones sexuelles, de phéromones d'alarme ou de marquage territorial.

### DANSE SOCIALE À LA RUCHE

Lorsqu'elles reviennent du champ, certaines abeilles se livrent à un curieux manège à l'intérieur de la ruche. C'est le savant autrichien Carl Von Frisch qui a découvert cette « danse des abeilles » et interprété le type de com-

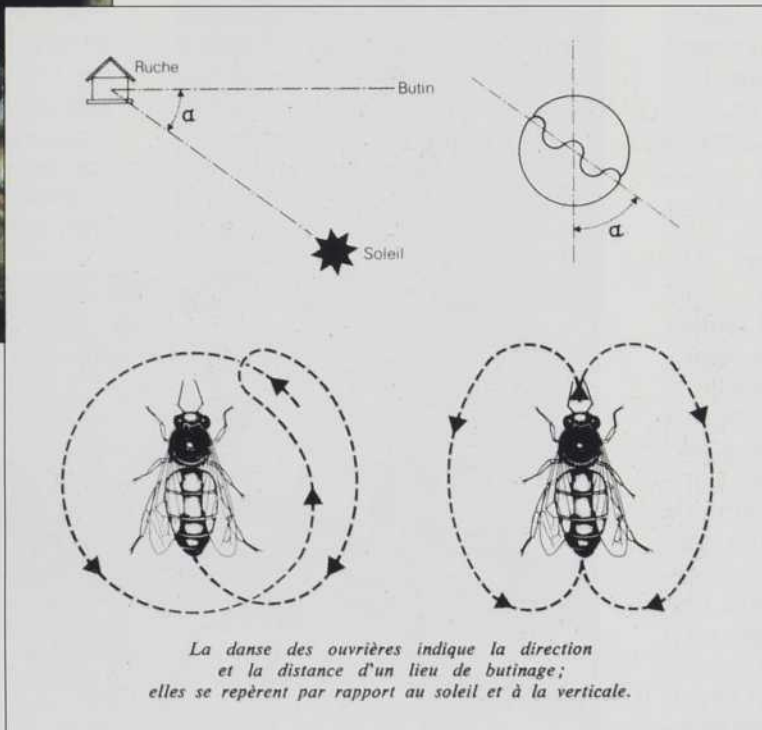
butineuse indiquait la direction à suivre pour arriver au nectar en reproduisant, à l'intérieur de la ruche, l'angle compris entre la direction du Soleil et la direction de la source à l'extérieur. Pour transmettre ces coordonnées de l'intérieur, l'abeille effectue sa danse le long des rayons : l'angle ainsi créé entre l'orientation de la figure qu'elle décrit et le rayon vertical transmet des coordonnées de direction très précises : une précision telle qu'une abeille peut voler directement vers une cible située à 800 mètres !

Von Frisch observa ensuite que la cadence de la danse était inversement proportionnelle à la dépense d'énergie nécessaire pour se rendre au lieu indiqué : plus le rythme de la danse est rapide, plus la source est rapprochée.

« La danse, souligne M. Perron, s'effectue dans une ruche obscure, et l'information qu'elle transmet n'est pas perceptible visuellement par les autres

abeilles. Elle se communique seulement par un contact très étroit entre l'abeille danseuse et les autres qui entrent dans la danse. Grâce à la perception des vibrations et à des échanges chimiques qui s'établissent lors de leur contact avec l'éclaireuse, les abeilles s'imprègnent du patron de la danse. »

Jean-Marie Perron décrit un cas où leur système de communication permet aux abeilles de s'ajuster aux pressions du milieu, comme celles causées par de mauvaises conditions climatiques : « Les butineuses rapportent du nectar seulement lorsque le climat est favorable, et un



vient de ce qu'elle sécrète une phéromone qui inhibe le développement des ovaires chez les ouvrières, les empêchant de se reproduire. La substance chimique inhibitrice est produite au niveau des glandes mandibulaires. C'est en léchant le corps de la reine que les ouvrières absorbent ce qui les empêche de se reproduire.

munication utilisé par ces dernières pour recruter des butineuses.

Von Frisch comprit que, loin d'être incohérente, la chorégraphie des danseuses contenait une quantité impressionnante d'informations sur la nature, la direction, la distance et l'importance quantitative d'une source de nourriture. Il découvrit qu'au cours de sa danse la

mois de juin pluvieux les empêchera de butiner pendant des périodes assez longues. Mais si la reine continue à pondre sans tenir compte de cette disette qui menace la ruche, il risque d'y avoir bientôt plus d'abeilles que de nourriture. Grâce à leur contact avec les butineuses, les ouvrières sont informées des mauvaises conditions

empêchant leurs collègues de s'envoler et, automatiquement, cessent de nourrir la reine : celle-ci pondant moins, la population conservera son équilibre. » En plus de traduire une grande souplesse de comportement et une communication étonnante entre les différentes spécialistes, cet exemple montre que, malgré sa position prestigieuse, la reine n'est pas la source d'un pouvoir centralisateur, mais, dans ce cas précis, adopte plutôt le comportement que lui dictent ses sujets.

Les recherches de M. Perron visent, entre autres, à étudier tous ces mécanismes d'autorégulation et à agir expérimentalement sur eux, les détournant, en quelque sorte, au profit de l'apiculture. Un type d'intervention permettant justement d'accroître le nombre de butineuses, consiste à retirer une partie du couvain. Effectuée de 35 à 38 jours avant la floraison du trèfle, cette opération stimule la ponte de la reine durant cette période, de sorte que le nombre de butineuses aura augmenté considérablement vers la fin juin. Toujours au stade expérimental, ce genre d'opération n'est pas encore pratiqué par l'apiculteur.

### DES AUTOROUTES QUI FOURMILLENT

Alors que le recrutement des abeilles s'effectue au moyen d'une danse, c'est grâce au traçage d'une piste odorante que les fourmis vont recruter d'autres membres et coordonner leurs activités sociales, en général. Lorsqu'une fourmi repère une source de nourriture, elle revient au nid en ayant soin d'imprégner sa route d'une substance chimique, la phéromone routière, ce qui a rapidement pour effet d'amener d'autres membres à sa suite. Si la source de nourriture est importante, la quantité de phéromone déposée croît rapidement, et la piste attire ainsi de plus en plus de fourmis. La source s'épuise alors rapidement, et certaines fourmis, revenant sans leur part de butin, cessent bientôt de laisser leur odeur le long du sentier. La phéromone routière étant une substance chimique très volatile, l'excitation qu'elle avait suscitée se dissipe aussi rapidement qu'elle était venue,

si bien que l'autoroute, construite en quelques minutes, redevient vite un simple chemin de campagne...

Parmi les formes de sociétés évoluées, dont l'organisation sociale repose sur un système de communication élaboré, figure la fourmi tisserande, qui vit en société dans les forêts tropicales d'Afrique et d'Asie, et dont le nombre d'ouvrières peut excéder 500 000. Ces fourmis doivent leur nom au fait qu'elles construisent leur nid en tissant des feuilles les unes aux autres. L'entomologiste américain Edward O. Wilson a bien décrit certains signaux chimiques et tactiles utilisés par ces insectes.

C'est en faisant saillir une portion glandulaire de leur intestin postérieur à travers l'anus, que les fourmis tisserandes déposent la phéromone le long de leur piste. Lorsque cette partie de l'intestin, nommée glande rectale, fait saillie, elle repose sur deux poils, qui agissent comme des pinceaux sur le sol. En plus de marquer la route à suivre, une fourmi qui rentre au nid touche de ses antennes la compagne qu'elle rencontre, ce qui semble motiver celle-ci à suivre la piste. Si cette piste conduit à de la nourriture, par exemple une sécrétion sucrée prove-

nant de cochenilles ou de pucerons, la fourmi remet, en plus des atouchements d'usage, un échantillon de cette nourriture.

En plus d'indiquer les sources de nourriture, les pistes odorantes de la fourmi tisserande servent à explorer de nouveaux territoires, en vue de les annexer. Une fois le nouveau territoire annexé, les fourmis continueront de sillonner ces pistes, y exerçant un contrôle total et chassant toutes les espèces qu'elles jugent indésirables. Les pistes seront empruntées par des armées chargées de défendre ce territoire contre l'envahisseur, notamment d'autres colonies de la même espèce.

### CARTES D'IDENTITÉ CHIMIQUES

Chez les fourmis, un des aspects du langage chimique qu'on étudie actuellement concerne le mécanisme par lequel des colonies de fourmis différentes évitent de se mélanger. En effet, une fourmi errante, par exemple, ne peut circuler à sa guise sur le territoire d'une autre colonie : au cours d'un bref échange, des gardes tapotent la visiteuse de leurs antennes ; contrôlant ainsi l'identité de cette dernière, ils



*Pour la fourmi, les antennes sont des organes sensoriels d'une grande importance. En palpat le sol, les objets ou leurs congénères, elles recueillent quantité d'informations nécessaires à la poursuite de leurs activités.*

## LES NORMES EN ARCHITECTURE ET MÉCANIQUE DU BÂTIMENT

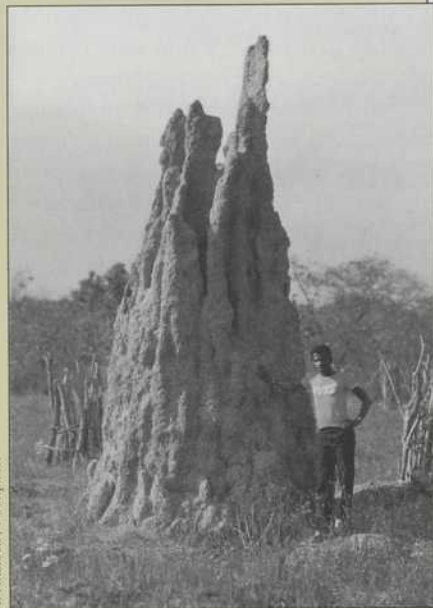
Allant de la construction simple, invisible en surface et peuplée de petites colonies d'une douzaine de fourmis, à la termitière de sept mètres, pouvant compter deux millions d'individus, l'habitation d'une colonie d'insectes sociaux doit répondre à certains critères de construction pour assurer la sécurité et le confort de ses occupants. De façon générale, la température à l'intérieur du nid doit être stable et, par conséquent, ce dernier devra être isolé de l'extérieur. La climatisation est également importante. Plusieurs milliers d'abeilles vaquant à l'intérieur d'une ruche dégagent une certaine quantité de gaz carbonique qui devra être évacuée avant que la colonie ne s'asphyxie. Les abeilles contrôlent donc la qualité de l'air et la température du nid à l'aide de leur corps, qui dégage de la chaleur ou assure la ventilation, suivant les conditions.

Chez les fourmis et les termites, le contrôle de la température et de la qualité de l'air est abordé différemment. N'ayant pas la liberté de mouvement que confère le vol aux abeilles et aux guêpes sociales, les insectes sans ailes ont dû inventer d'autres techniques. Chez la plupart des fourmis, on maintient le couvain dans les meilleures conditions, en le déplaçant dans des chambres différentes, suivant les conditions qui y prévalent. Par ailleurs, on empêche la moisissure de s'attaquer à la nourriture en ramenant celle-ci à la surface périodiquement pour qu'elle puisse y être séchée. Une expérience consistant à épandre des particules de vernis coloré à la surface d'un nid nous montre que celui-ci est l'objet d'un brassage périodique : après quelques jours, les fourmis ont entraîné toutes les particules sous la surface du dôme, mais celles-ci réapparaissent quelques semaines plus tard. Ce brassage continu fait de la fourmilière une sorte d'habitation qui ne serait jamais terminée.

En ce qui concerne le maintien de la température, la forme conique du nid permet de mieux capter les rayons du Soleil même lorsque celui-ci est bas à l'horizon. Si la température à l'intérieur du nid descend trop bas, plusieurs fourmis sortent à l'extérieur se chauffer au Soleil. Loin de se prélasser, elles accumulent ainsi de la chaleur, et lorsqu'elles retournent à l'intérieur, leurs corps sont autant de fournaies vivantes !

Chez certaines espèces de termites, le contrôle des conditions à l'intérieur du nid semble répondre à des notions de

mécanique du bâtiment fort évoluées. Pour eux, le problème de la climatisation est d'autant plus sérieux que leur nid ne comporte apparemment aucun orifice. En effet, pour leur sécurité, certaines espèces recouvrent les parois extérieures d'un blindage. Et pour contrer les problèmes qu'ont connus à une certaine époque les constructeurs de tours à bureaux que nos conditions climatiques difficiles avaient contraints de construire des édifices trop étanches, les



A. Allstock / Publiphoto

Une termitière de la région de Koro, en Côte d'Ivoire.

termites ont dû, eux aussi, construire un système de climatisation efficace !

Des chambres à air, disposées à la base et au sommet de la termitière, communiquent par un système complexe de conduits. Les produits de la respiration qui s'accumulent à la base du nid s'élèvent sous l'effet de la chaleur. La pression qui règne alors au sommet contraint cet air vicié à emprunter des conduits poreux, qui laisseront échapper le gaz carbonique. Par suite de l'évacuation de l'air usé, il se crée à la base de la termitière un appel d'air neuf et le cycle permet une véritable climatisation. Pour se défendre d'une expérience faite à leur insu et qui consistait à recouvrir leur nid d'un tissu l'empêchant de respirer, des termites ont tout simplement prolongé le sommet de leur édifice en y exagérant la porosité, de façon à combler le déficit d'air.

l'accueillent ou la rejettent, suivant qu'elle est ou n'est pas des leurs, ou prennent parfois littéralement le sentier de la guerre, comme chez les fourmis tisserandes.

Jusqu'à récemment, on expliquait l'impossibilité de vivre ensemble, pour les individus de colonies différentes, par l'incompatibilité de leurs « odeurs coloniales ». Mais grâce à des analyses chimiques poussées (chromatographie en phase gazeuse), des chercheurs ont identifié dans cette odeur un ensemble de substances chimiques, qui s'imprègnent dans la couche externe de la cuticule de l'insecte et permettent aux individus de se reconnaître entre eux. Ainsi, en se « frottant » de près à la visiteuse, les gardes vérifient, grâce aux organes chimiorécepteurs de leurs antennes, si la composition chimique de sa cuticule est compatible.

Selon André Francoeur, cette découverte est d'importance capitale, puisqu'elle permet d'expliquer pourquoi des espèces parasites, comme ces fourmis « mendiantes » ou « voleuses », peuvent vivre aux dépens de colonies étrangères, ne déclenchant peu ou pas de réactions hostiles. Elle permet également d'expliquer le cas des formes esclavagistes, qui capturent des individus d'une autre espèce, les faisant travailler dans leur colonie. Grâce à cette découverte, on sait à présent que c'est en arborant le « manteau cuticulaire » des individus de la colonie hôte, que les fourmis parasites parviennent à franchir les barrières coloniales.

Au laboratoire de sociobiologie de Paris XIII, où on s'affaire à des expériences sur les possibilités de cohabitation de sociétés mixtes, on a découvert que dans les premiers jours suivant leur éclosion les fourmis font part d'une certaine ouverture, autorisant la vie en commun avec des fourmis d'autres colonies. Toutefois, après un certain temps la mixité n'est plus possible, et la fourmi d'une colonie donnée adopte un comportement agressif, qui correspond bien à la mise en place des différents composés chimiques de son enveloppe extérieure. Mais lorsque la cohabitation fonctionne, qu'en est-il de ces composés chimiques ? L'analyse chimique des cuticules montre qu'il y a également

mélange de ces composés. L'hypothèse émise est qu'il y aurait un transfert d'une cuticule à l'autre, au cours des contacts que les fourmis ont entre elles.

Mais on ne sait pas comment s'effectue le transfert cuticulaire d'une espèce parasite en milieu naturel. M. Francoeur suppose que, dans ce cas, la fourmi parasite posséderait une certaine affinité chimique de base, qui permettrait la cohabitation avec d'autres espèces.

### LE GROUPE AVANT L'INDIVIDU

Telles ces hordes barbares qui ont envahi l'Europe au premier siècle, se déplaçant d'un village à l'autre en laissant ces derniers à feu et à sang, il existe, dans les régions tropicales, des fourmis légionnaires, qui ne construisent pas de nids, se déplacent sans cesse et constituent une sorte de front militaire qui progresse en détruisant tout sur son passage. Les espèces champignonnistes, elles, sédentaires comme la plupart des fourmis, entretiennent une culture de champignons, dont elles tirent leur subsistance, et préfèrent la vie calme du cultivateur à celle, trépidante, des espèces guerrières. Sédentaires aussi, mais non végétariennes, les fourmis éleveuses gardent des pucerons vivants, dont la colonie consommera le « lait » en fonction des besoins alimentaires.

On ne se lasse pas de souligner ces ressemblances entre sociétés d'insectes et sociétés humaines, mais on pourrait aussi bien s'attarder aux différences. La principale est celle-ci : chez les insectes sociaux, sans le support du groupe, l'individu cesse d'être performant et, dans certains cas, ne peut survivre.

Une expérience de laboratoire permettant d'observer comment des fourmis arrivent à extraire une brindille d'un trou illustre bien cet avantage du groupe sur l'individu. Instinctivement, lorsqu'une fourmi s'approche de la brindille, elle la saisit par la base et la soulève le plus haut possible, en se dressant sur ses pattes arrière. Si la brindille est trop longue et que la fourmi s'épuise avant de l'avoir extraite, elle la relâche au bout d'un

certain temps. Mais, si une autre fourmi parvient à saisir la brindille et la soulève avant que sa compagne ne se soit découragée, alors la brindille gagnera quelques millimètres de plus. On a calculé qu'il faut près d'une heure, lorsque l'activité d'une colonie est à son maximum, pour extraire une paille de dix millimètres d'un trou de neuf millimètres. L'action ne suppose en rien la connaissance du but à atteindre, et la tâche s'accomplit parce que chaque fourmi se conforme au comportement dicté par son programme, et que des mécanismes de cohésion sociale permettent à plusieurs fourmis de vaquer à une tâche commune.

Ces mécanismes de cohésion, même s'ils varient d'un ordre à l'autre, font que les individus, sans le support de la colonie, ont des chances de survie limitées. Même avec suffisamment de nourriture, une abeille seule meurt deux fois plus vite que si elle est avec une autre. Les termites, eux, sont contraints à la vie communautaire, car, la mue leur ayant fait perdre la flore intestinale de protozoaires responsable de la digestion du bois, ils doivent reconstituer cette flore en ingérant les excréments d'autres termites qui en contiennent.

### ESPRIT OU CHIMIE ?

Mais quels mécanismes permettent la coordination de toutes les activités individuelles, dans la réalisation d'ouvrages d'envergure, comme la construction de termitières géantes ? Atteignant parfois sept mètres de hauteur, ces structures colossales entièrement blindées possèdent un système de climatisation parmi les plus évolués du monde animal (voir l'encadré). Paradoxalement, les espèces de termites se placent au dernier rang, pour le développement cérébral, et leurs capacités d'apprentissage, s'ils en ont, seraient bien moindres que celles des hyménoptères sociaux.

Puisqu'on ne peut expliquer cette performance des insectes sociaux par le comportement d'un seul termite, d'une seule fourmi, guêpe ou abeille, les scientifiques proposent d'étudier les activités de l'ensemble des individus d'une colonie, tel un superorganisme.

On établit parfois un rapprochement entre le fonctionnement de ce superorganisme et celui d'un ordinateur ou d'un cerveau humain : tout comme les cellules du cerveau interagissent de façon complexe, sans que l'on puisse isoler celles qui sont responsables de telle pensée ou émotion, les individus d'une colonie auraient un « programme » rudimentaire, intégré à la réalisation d'une œuvre plus complexe, le tout coordonné grâce aux communications entre les individus.

On se réfère parfois à « l'esprit » ou à « l'âme de la ruche ». « Si ces considérations de nature philosophique ne sont pas sans intérêt, souligne André Francoeur, elles ne font cependant pas l'objet de la recherche scientifique. S'il n'est pas mal vu de comparer le fonctionnement de ces sociétés à celui des cerveaux humains, ou encore à des superorganismes, en retour l'idée invoquant « l'esprit » de ces sociétés est une forme actuelle d'anthropomorphisme. »

Mais d'où les insectes sociaux tiennent-ils, en fin de compte, leurs étonnantes possibilités ? Comme ils ont un mode d'expression de nature principalement chimique, c'est sur ce fondement que s'est érigée leur organisation sociale complexe. C'est également à partir de là que l'on peut appréhender l'univers insolite des insectes sociaux et comprendre de plus en plus le langage qui leur est propre. Bref, il faut renoncer à définir le monde des insectes de la même manière qu'on conçoit le nôtre. Cette vision moderne ne porte peut-être plus à la contemplation d'un esprit de la ruche, mais en retour la complexité de l'univers chimique sur lequel elle débouche a de quoi séduire l'esprit humain... □

### Pour en savoir plus :

ERRARD, Christine, VIENNE, Catherine, CORBARA, Bruno,

« Ouverture et cohabitation chez les fourmis : les sociétés mixtes », *La Recherche*, n° 222, juin 1990.

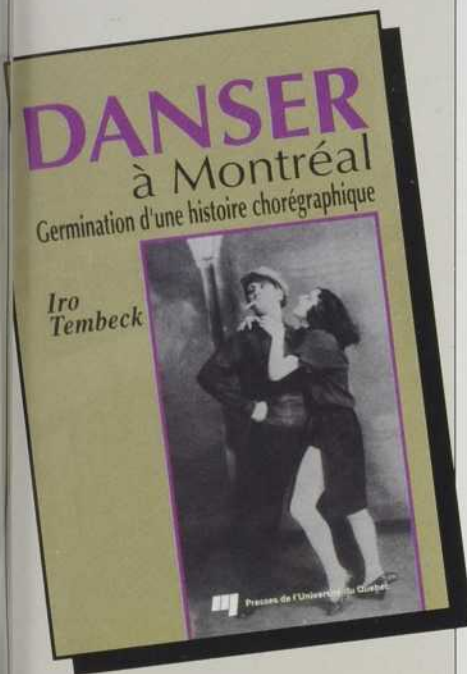
VON FRISCH, Karl, *Architecture animale*, Éditions Albin Michel, Paris, 1975.

BARBIER, M., *Les Pheromones : aspects biochimique et biologique*, Masson, Paris, 1982.

# DANSER

à Montréal

Germination d'une histoire chorégraphique



## L'ÉVOLUTION HISTORIQUE DE LA DANSE THÉÂTRALE À MONTRÉAL, DE 1930 À NOS JOURS

Alternant successivement entre le ballet classique et la danse moderne, les traditions chorégraphiques et l'effervescence de l'expérimentation, l'auteure nous fait connaître, dans ce livre, les institutions, les individus et les œuvres qui ont marqué la danse artistique montréalaise.

### DANSER À MONTRÉAL

Germination d'une histoire chorégraphique

Iro Tembeck

1991, 360 pages

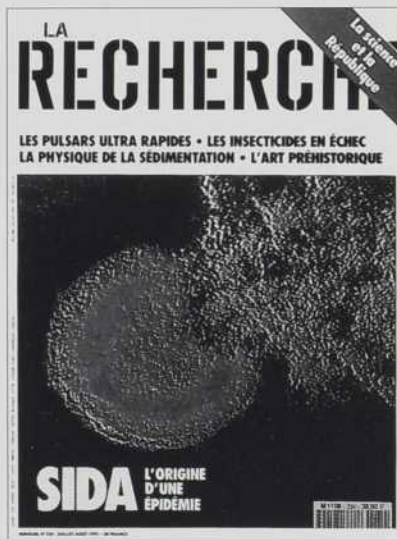
ISBN 2-7605-0659-2

30 \$ (32,10 \$  
TPS incl.)

EN VENTE CHEZ VOTRE LIBRAIRE



**PHYSIQUE, ARCHÉOLOGIE,  
BIOLOGIE, CHIMIE,  
MATHÉMATIQUES,  
SCIENCES DE LA TERRE,  
INFORMATIQUE, ETC.**



**CHAQUE MOIS,  
LA RECHERCHE**

**SUIT, POUR VOUS,  
L'ACTUALITÉ  
INTERNATIONALE  
DE TOUTES  
LES DISCIPLINES  
SCIENTIFIQUES**



**LA RECHERCHE  
COUVRE  
TOUS LES CHAMPS  
DE LA SCIENCE  
MODERNE**

**11 NUMÉROS PAR AN DONT UN NUMÉRO SPÉCIAL**

**OFFRE PRIVILÉGIÉE D'ABONNEMENT**

Oui, je souscris un abonnement d'un an (11 numéros dont 1 numéro spécial) à LA RECHERCHE au tarif de 49 dollars canadiens seulement, au lieu de 65,45 dollars (prix de vente au numéro).

Nom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Ville \_\_\_\_\_ Province \_\_\_\_\_ Code postal \_\_\_\_\_

Bon à retourner accompagné de votre règlement à Dimedia, 539, bd Lebeau, Ville Saint-Laurent, P.Q. H4N 1S2.

\* Offre réservée aux particuliers, à l'exception de toute collectivité.

# UN ÉDIFICE QUI S'AUTOALIMENTE EN ÉNERGIE

PAR BENOÎT LEGAULT

**Pourquoi dépendre de l'énergie fossile ou même solaire,  
quand on a l'activité humaine ?  
C'est grâce entre autres à la chaleur engendrée par celle-ci  
que le siège social d'Ontario Hydro  
se chauffe sans... fournaise.**

**L**e siège social d'Ontario Hydro date des années 70. Pourtant, il demeure encore à la toute fine pointe des économies d'énergie. De quoi se poser des questions sur la volonté (et la capacité) d'innover des constructeurs d'édifices publics.

Hydro Place, c'est 120 000 mètres carrés de bureaux. Six mille personnes y travaillent, soit près de la moitié de ce qu'abrite la Sears Tower de Chicago, le plus haut gratte-ciel au monde. Pourtant, l'édifice ne compte que 19 étages, formant un grand arc de cercle autour de Queen's Park, en plein cœur de Toronto.

S'il demeure l'un des symboles mondiaux du potentiel des économies d'énergie, c'est parce que ses archi-

tectes ont carrément refusé de le doter d'un système de chauffage. Cherchez si vous voulez, vous n'y trouverez ni fournaise, ni chaudière bi-énergétique, ni plinthes chauffantes. Ses concepteurs ont fait le pari d'assurer le chauffage de l'édifice à partir de toutes ces sources de chaleur qui se dissipent souvent en pure perte ailleurs : lumière du soleil, bien sûr, mais aussi chaleur dégagée par l'éclairage électrique, par les équipements et même par les gens qui y travaillent.

Le secret d'Hydro Place, c'est un gigantesque réservoir de 7,3 millions de litres d'eau. Véritable banque d'énergie, ce réservoir contient autant d'eau que 80 piscines résidentielles ; c'est le plus grand du genre au monde.





## CHALEUR HUMAINE ET CARAPACE DE BÉTON

Selon les besoins, l'eau des trois compartiments du réservoir peut être conservée à une température variant entre 4 et 35°C. Chauffée ou refroidie par d'immenses échangeurs de chaleur, cette eau circule dans des radiateurs dispersés dans le bâtiment. En hiver, des pompes récupèrent la chaleur dégagée par les équipements, l'éclairage et les occupants. Les radiateurs et des conduites d'air rediffusent la chaleur à travers l'édifice, l'excédent étant emmagasiné dans l'eau des réservoirs. En été – et c'est là le plus difficile –, d'immenses refroidisseurs abaissent non seulement la température de l'air intérieur, mais aussi celle de l'eau des réservoirs. Ces refroidisseurs géants ne fonctionnent que la nuit, alors que les tarifs d'électricité sont les plus bas, car l'eau froide des réservoirs prend la relève pendant le jour. Enfin, au printemps et à l'automne, les refroidisseurs demeurent presque tout le temps au repos alors que l'air extérieur suffit à lui seul à refroidir l'eau des réservoirs pendant la nuit.

Le système fonctionne très bien, au-delà même de toutes les espérances de ses concepteurs. En plein hiver, Hydro Place peut demeurer un endroit confortable pendant trois jours avec la seule chaleur emmagasinée dans ses réservoirs. « En fait, dit Ken Cooper, son architecte en chef, nous avons été trop peureux. Nous nous sommes donné de grandes marges de manœuvre. Le réservoir thermique a une capacité de 50 % supérieure aux besoins réels d'Hydro Place. » Le bilan de quinze années d'activités le confirme : à volume égal, l'édifice consomme trois fois moins d'énergie que ses voisins torontois.

## DES DÉTECTEURS DE MOUVEMENT

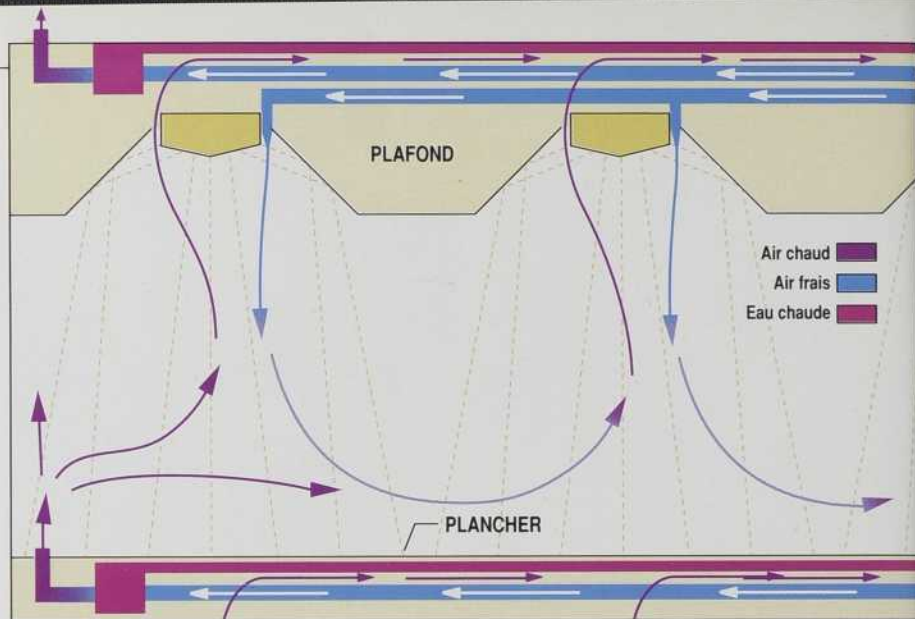
Bien entendu, la forme et l'enveloppe d'Hydro Place ont aussi eu un rôle à jouer. D'abord, l'édifice est trapu. Toutes proportions gardées, il a une surface extérieure réduite par rapport à son espace intérieur. Par exemple, la chaleur excédentaire produite au

centre est supérieure aux pertes de chaleur des surfaces extérieures, relation difficile à reproduire dans une tour effilée. Par ailleurs, la façade est entièrement composée de verre-miroir qui réfléchit 80 % des rayons solaires, réduisant considérablement les besoins en climatisation. Ici, l'architecte a fait un compromis. Il souhaitait un coefficient de réflexion encore plus élevé, mais cela aurait rendu les fenêtres trop opaques au goût des occupants. Quant à l'arrière de l'édifice, orienté vers l'ouest et exposé à des vents violents, on en a fait une carapace de béton recouvrant 2,5 cm d'uréthane et 10 cm de laine minérale.

Le Canada Square Corporation, la firme torontoise qui a conçu Hydro Place, en a breveté plusieurs des concepts innovateurs, tout particulièrement l'éclairage. Les tubes fluorescents sont fixés dans de larges sillons en forme de V qui réfléchissent la lumière. Résultat : éclairer Hydro Place coûte deux fois moins qu'ailleurs. Mais cela ne suffit pas à l'ambition des concepteurs. La firme recommande maintenant l'installation de régulateurs de wattage entièrement électroniques dans tout le système d'éclairage, ainsi que la pose de tubes fluorescents à double enduit de phosphore. Ces tubes à durée ultralongue (20 000 heures) coûtent plus cher, mais ils consomment moins d'électricité et procurent un éclairage plus agréable. L'autre projet de la compagnie a déjà connu un début de réalisation. L'édifice a été pourvu de détecteurs de mouvement qui éteignent les lumières si rien ne bouge dans un espace donné. L'ajustement d'un tel système est délicat. Comment programmer le détecteur pour qu'il ne coupe pas l'éclairage d'un bureaucrate physiquement immobile, mais mentalement actif.

### ASSEZ CHAUD POUR LE QUÉBEC ?

Grâce à Hydro Place, Ontario Hydro a rehaussé son image de marque et sa crédibilité auprès des firmes qu'elle invite à consommer moins d'électricité. Quant à la Canada Square Corporation, elle a maintenant une réputation mondiale. De partout, ingénieurs, archi-



*Schéma simplifié de la circulation de l'eau et de l'air en hiver, et de plafond à caissons dans lesquels sont installés les tubes fluorescents.*

tectes et consultants sont venus étudier cet édifice des années 70. Sans beaucoup de suites, pourtant.

« C'est drôle à dire, observe Ken Cooper, mais Hydro Place est encore un des grands édifices les plus avancés du monde au plan énergétique. D'une certaine façon, je devrais en être fier. Mais je pense aussi que ça prouve que quelque chose ne marche pas. La plupart des maîtres d'œuvre n'aiment pas les techniques sophistiquées. Ils préfèrent s'en tenir à ce qu'ils connaissent. »

Maintenant vice-président de la Canada Square Corporation, Ken Cooper se dit tout à fait convaincu qu'Hydro Place pourrait très bien faire face aux hivers plus rigoureux de Montréal ou même de Québec, sans chauffage d'appoint. L'architecte en économie d'énergie pense que les éventuels propriétaires de grands édifices redoutent l'entretien de systèmes complexes comme ceux d'Hydro Place. Et il ajoute : « On accorde le plus souvent un contrat de construction au maître d'œuvre qui présente la soumission la moins chère ». M. Cooper a aussi une autre explication au manque d'innovation en économies d'énergie. « Les systèmes d'efficacité énergétique dans les grands édifices ne sont pas aussi rentables qu'ils le devraient. Et c'est surtout à cause des prix de l'électricité beaucoup trop bas fixés par Ontario Hydro ou Hydro-Québec. »

### UN ÉDIFICE SANS FOURNAISE POUR UNE PÉTROLIÈRE

Cela n'empêche pas le marché des édifices peu énergivores de se maintenir. Le maître d'œuvre d'Hydro Place construit actuellement un édifice similaire à Calgary : Gulf Canada Square, siège social canadien de la pétrolière Gulf Oil. À Toronto, Hydro Place aura enfin un rejeton dans un grand complexe comprenant bureaux, boutiques, appartements et gare intermodale de transports en commun.

Ken Cooper a doté sa compagnie d'une culture d'entreprise résolument tournée vers l'avenir. Cela ne l'empêche pas de reconnaître le prix de l'innovation, tels les nombreux ajustements qu'il a fallu apporter aux réservoirs thermiques d'Hydro Place. En fait, plusieurs de ces ajustements résultaient plutôt de percées technologiques que d'erreurs de conception. Par exemple, tous les systèmes de l'édifice sont régis par un ordinateur central. Celui-ci a été remplacé par un nouvel ordinateur, plus performant et plus polyvalent.

De même, une nouvelle technique permet de conserver l'eau à moins de 4°C, ce qui améliorera l'efficacité du circuit de refroidissement. Des pompes à chaleur améliorées ont aussi été installées.

Ken Cooper croit beaucoup en celles-ci. « Les capteurs d'énergie solaire sont beaucoup plus sexy que les pompes à chaleur, mais je suis convaincu que dans les grands édifices ces pompes ont un rôle à jouer beaucoup plus grand que les capteurs solaires. De toute façon, la maîtrise de l'énergie solaire laisse encore beaucoup à désirer. » □

# LE MAGAZINE QUÉBEC SCIENCE

## UN BON AMI!

**Un ami** qui vous renseigne sur l'actualité scientifique nationale et internationale qu'elle soit en provenance du monde anglophone ou du monde francophone, du Nord comme du Sud, qu'elle soit reliée aux sciences physiques comme aux sciences humaines;

**Un ami** qui prend soin de vous en vous présentant un regard humain et critique sur les développements scientifiques et technologiques d'intérêt;

**Un ami** qui vous enrichit en vous procurant, à vous et aux vôtres, des pratiques fidèles de lecture, en accroissant vos connaissances et en élargissant vos horizons sur la francophonie et sur le monde.

### ABONNEZ-VOUS

Vous recevrez 10 numéros du magazine *Québec Science* par année.

### OU MIEUX, DEVENEZ MEMBRE

DE LA FONDATION QUÉBEC SCIENCE

Vous recevrez 10 numéros du magazine *Québec Science* par année.

Vous bénéficierez d'avantages financiers exceptionnels sur une foule de produits et services annoncés dans le magazine *Québec Science* ou dans son catalogue.

Vous supporterez le développement des connaissances scientifiques chez les jeunes et contribuerez à la relève.

Tout abonné actuel peut devenir membre en faisant un don annuel de 25 \$ \*



T A R I F S

AU CANADA SEULEMENT

|       | MEMBRE DE LA FONDATION<br>Prix avec TPS | ABONNÉ RÉGULIER<br>Prix avec TPS | ABONNÉ VOULANT DEVENIR MEMBRE<br>Prix avec TPS |
|-------|---|----------------------------------|--|
| 3 ans | 139,76 \$ *                             | 72,76 \$                         | 75,00 \$ *                                     |
| 2 ans | 101,43 \$ *                             | 52,43 \$                         | 50,00 \$ *                                     |
| 1 an  | 56,96 \$ *                              | 29,96 \$                         | 25,00 \$ *                                     |

POUR LES TARIFS À L'ÉTRANGER, VOYEZ EN PAGE 5 DE CE MAGAZINE

Chèque  Mandat postal  Visa  MasterCard

Libellez votre chèque ou mandat postal à l'attention de *Québec Science*

N° de carte \_\_\_\_\_

Date d'expiration \_\_\_\_\_

Signature \_\_\_\_\_

- Veuillez m'inscrire comme membre de la *Fondation Québec Science* (Tarif MEMBRE seulement)
- Veuillez m'inscrire comme abonné régulier
- Je suis déjà abonné, je veux devenir membre de la *Fondation Québec Science*
- Je désire seulement recevoir le *Catalogue des avantages*

NOM \_\_\_\_\_ PRÉNOM \_\_\_\_\_

ADRESSE \_\_\_\_\_ APP. \_\_\_\_\_

VILLE \_\_\_\_\_ PROVINCE \_\_\_\_\_

CODE POSTAL \_\_\_\_\_ SEXE : M  F  TÉLÉPHONE \_\_\_\_\_

\* Un reçu de charité est émis pour la portion *don* de votre paiement

Détachez et expédiez à QUÉBEC SCIENCE, C.P. 250, Sillery, Québec, G1T 2R1 Téléphone : (418) 657-3551 poste 2854 • Télécopieur : (418) 657-2096

# La trousse de toilette - 2<sup>e</sup> partie

par Raynald PEPIN

**E**n janvier, nous avons laissé notre cobaye, la barbe fraîchement faite, sa bouteille de lotion après-rasage à la main. Nous continuons donc notre examen des dessous scientifiques des produits de toilette et des cosmétiques.

## LA LOTION APRÈS-RASAGE

Une fois les poils éliminés, l'application d'une lotion après-rasage vise à soulager l'irritation. Une telle lotion contient généralement de l'alcool, de l'eau, un parfum et des colorants.

Selon Louis-Philippe Durocher, dermatologue montréalais, l'alcool agit comme un astringent ; il dissout le gras et a ainsi un effet asséchant sur la peau. « D'ailleurs, les hommes qui ont la peau sèche n'utilisent pas de lotion après-rasage, car cela empire leur situation. » L'alcool sert aussi d'antiseptique et de solvant pour le parfum. De plus, son évaporation rafraîchit la peau ; comme lors d'une exposition au froid, les capillaires de l'épiderme se contractent un peu, ce qui ralentit le saignement des éventuelles coupures.

## LA POUDRE

Il y a de cela plusieurs années, ma mère asséchait mes fesses irritées en les recouvrant de poudre pour bébé. Celle-ci, tout comme la poudre pour le visage, contient surtout du talc. Silicate de magnésium hydraté,  $[Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2]$ , le talc pur est un minéral constitué à 63 % de dioxyde de silicium, à 32 % d'oxyde de magnésium et à 5 % d'eau.

Le talc est utilisé en cosmétologie comme transporteur de parfum, qu'il relâche en présence de sueur, pour des raisons encore inexplicables. Et la poudre pour bébé contient, allié au talc, un peu de parfum.

Les poudres pour le visage et la peau peuvent contenir, en plus du talc, de la craie (carbonate de calcium,  $CaCO_3$ ), du carbonate de magnésium, de l'oxyde de zinc et du dioxyde de titane (pigments blancs), et du parfum. Certaines poudres comprennent également un peu de fécule de maïs (amidon), qui à quantité égale absorbe trois fois plus d'eau que le talc. En fait, selon Ariel Fenster, professeur de chimie à l'université McGill, le talc adsorbe l'eau (ou les graisses) plutôt qu'il ne l'ab-



Eve-Lucie Bourque

sorbe : les molécules d'eau se lient à la surface des grains de poudre.

Le talc entre aussi, mais en plus faible proportion, dans la composition des divers fards utilisés en maquillage. Enfin, il ne maquille pas que les humains : la poudre blanche qui enrobe certains saucissons est aussi du talc ! Comme sur notre peau, il y adsorbe l'excédent de graisse.

## LE SHAMPOOING

Avant de quitter la tête, occupons-nous un instant des poils les plus valorisés de l'organisme : les cheveux. Les pauvres reçoivent toute la saleté qui nous tombe sur la tête, sans compter qu'ils sont envahis de sébum, sécrétion huileuse des glandes sébacées, et de débris de peau. Bref, ils deviennent gras et ternes, et personne n'a plus envie de les caresser. SOS, shampooing !

Comme le shampooing doit nettoyer, son ingrédient principal est... l'eau : tous les shampooings en contiennent environ 50 %. Vient ensuite le détergent, qui a pour rôle d'éliminer la saleté. Les plus utilisés sont l'inévitable laurylsulfate de sodium et un composé analogue, le laurethsulfate de sodium. Une faible concentration de déter-

gent suffirait à nettoyer les cheveux, mais alors le shampooing ne mousserait pas beaucoup. Comme nous, les consommateurs, préférons les mousses riches et abondantes, les fabricants s'efforcent de nous satisfaire : les shampooings contiennent donc de 10 à 20 % de détergent, beaucoup plus qu'il n'est nécessaire. Les shampooings pour cheveux gras, eux, contiennent tout simplement davantage de détergent.

Ironiquement, avec tout ce détergent, les cheveux deviennent trop propres. Ils perdent leurs huiles naturelles, ce qui les rend difficiles à peigner et davantage sujets à se hérissier en présence de l'électricité statique. Il faut alors compenser par des revitalisants, qui ont pour rôle de déposer diverses substances grasses à la surface ou à l'intérieur des cheveux. Ces substances, malgré la présence de déter-

gents, se lient aux cheveux, résistent au rinçage subséquent, facilitent le passage du peigne, réduisent la charge statique et augmentent le lustre des cheveux.

La surface des cheveux porte naturellement une légère charge négative, souvent accrue par le type de détergent compris dans le shampooing. Certains agents revitalisants portent des charges positives, ce qui réduit l'électricité statique. Ces charges peuvent aussi servir à « accrocher » aux cheveux des chaînes hydrocarbonées qui, étant hydrophobes, rendent les cheveux mouillés plus faciles à peigner, car ils se démêlent mieux. Toutefois, pour inclure dans une seule lotion le shampooing et le revitalisant, ce dernier doit être neutre (électriquement), sans quoi il se liera au détergent.

Parmi des centaines d'agents revitalisants, on retrouve la lanoline et ses dérivés, des silicones, la lécithine (un émulsifiant utilisé dans les aliments), la gélatine, les huiles de germe de blé, de maïs, etc. Mais les substances les plus utilisées, et de loin, sont les polypeptides dérivés de protéines animales. Ces composés adhèrent aux cheveux, leur donnent du volume et les rendent brillants.

Les dérivés de protéines constituent un mets de choix pour les bactéries : il faut donc ajouter des agents de conservation. Un shampoing conventionnel contient aussi, pour augmenter la viscosité de la solution aqueuse, un agent épaississant : chlorure de sodium (sel de table), dérivés de cellulose, etc. Il faut ajouter à tout ça un stabilisateur pour la mousse, un agent opacifiant, un régulateur de pH (habituellement de l'acide citrique) et enfin des antioxydants (BHT, BHA), pour empêcher le rancissement des huiles contenues dans le shampoing. La touche finale est apportée par un parfum, des colorants et un attrape-consommateur, genre camomille ou extrait d'herbe.

### L'ANTISUDORIFIQUE ET LE DÉODORANT

La toilette est terminée, mais il faut maintenant s'occuper de l'entretien préventif. Dans notre société aseptisée, on préfère ne pas laisser son odeur corporelle flotter dans l'air.

La sueur est intrinsèquement peu odorante : stérilisée, elle se conserve sans qu'il ne se forme de mauvaises odeurs. Les effluves redoutées proviennent de la dégradation des composants de la sueur par des bactéries.

Les glandes eccrines, réparties sur tout le corps, émettent en moyenne plus d'un litre de sueur en 24 heures. Cette sécrétion permet de régulariser la température du corps, d'éliminer certains produits métaboliques et d'entretenir la peau. La sueur comprend en moyenne 99 % d'eau, 0,7 % de chlorure de sodium, un peu d'acide lactique, d'acide citrique, d'acide ascorbique (vitamine C) et d'acide acétique (vinaigre), des traces d'urée, etc.

Mais c'est la sueur produite par les glandes apocrines, situées sous les aisselles,

autour des seins et dans la région génitale, qui cause les dégâts. Ces glandes ne se développent qu'à la puberté, et leur sécrétion semble ensuite se réduire avec l'âge.

La sueur apocrine contient plus de lipides et de composés azotés que la sueur eccrine. Quand les bactéries font de la biotechnologie avec ces matières premières, elles produisent de l'ammoniac et des mercaptans. Ceux-ci contiennent du soufre et sentent très mauvais ; le liquide qu'éjecte la mouffette pour se défendre contient d'ailleurs un mercaptan,  $C_4H_9SH$ .

Ces odeurs peuvent parfois être excitantes, mais lors d'un premier rendez-vous, on préfère tenter de les éliminer. Pour cela, il faut soit les remplacer par des arômes plus alléchants (avec un parfum), soit empêcher la sueur de sortir (avec un antisudorifique), soit éliminer les bactéries (avec un déodorant), ou les trois en même temps.

Le « principe actif » de la plupart des antisudorifiques est un sel d'aluminium : chlorure, hydroxychlorure  $[Al_2(OH)_2Cl]$ , etc. Mais il ne faut pas mettre tous ses espoirs dans ces produits. Au mieux, un antisudorifique ne réduit la quantité de sueur excrétée que de moitié.

Étrangement, on ne connaît pas encore avec certitude le mode d'action des antisudorifiques ! Les résultats obtenus par les scientifiques sont contradictoires, et une dizaine de théories ont été proposées : coagulation de protéines dans les pores de la peau, rétrécissement de ces pores, résorption de la sueur par le derme, effet électrophysiologique, etc. Selon cette dernière théorie, l'extrémité externe des pores des glandes sudoripares est chargée négativement ; le potentiel électrique qui en résulte serait responsable de la sortie de la sueur. Il suffirait alors de court-circuiter le processus, en déposant des charges positives (comme

les ions aluminium) à la surface de la peau, pour que la sudation s'arrête.

La théorie la plus acceptée actuellement est que les sels d'aluminium induisent la formation d'un « bouchon » polymérique obstruant les pores des glandes sudoripares. Selon Marie-Christine Roy, dermatologue et professeure à l'Université de Montréal, les composés d'aluminium sont efficaces pour les deux types de glandes, apocrines et eccrines, bien qu'en pratique on utilise les antisudorifiques seulement sous les aisselles. Les sels d'aluminium ont également une certaine action bactéricide. Bien qu'ils puissent irriter la peau en surface, les cas d'allergie sont rares et il ne semble pas que les glandes sudoripares elles-mêmes soient affectées par les antisudorifiques.

Outre les sels d'aluminium, les antisudorifiques en bâton contiennent des cires et des huiles, un parfum, des agents de conservation et des colorants. Dans un applicateur à bille, la solution est plutôt à base d'eau et d'alcool. Enfin, il ne faut pas confondre les antisudorifiques avec les déodorants, dont le rôle est plutôt de parfumer, mais aussi d'inhiber la croissance des bactéries. Le déodorant contient ainsi du propylène glycol (qui sert de base et de solvant), de l'eau, du stéarate de sodium (savon qui sert aussi d'agent épaississant), du triclosane (un agent antibactérien), un parfum et des colorants.

Les huit produits de toilette qui ont fait le sujet de ces deux chroniques sont parmi les plus utilisés, mais il en existe de nombreux autres : dépilatoires, colorants et fixatifs pour cheveux, vernis à ongle, lotions solaires, crèmes hydratantes...

Comme on a pu le remarquer, cette diversité reflète aussi les progrès de la chimie moderne... et témoigne de notre désir constant d'être beaux et belles.

## CONCOURS • CONCOURS • CONCOURS • CONCOURS • CONCOURS

### RÉPONSE À LA QUESTION DU NUMÉRO DE NOVEMBRE

Q. Pourquoi la méthode d'évasion de Tintin, pages 38 à 40 du *Secret de la licorne*, n'est-elle pas réaliste ?

R. Pour soulever la poutre verticalement, Tintin doit tirer la corde attachée au milieu de la poutre avec une force au moins égale au poids de la poutre. En fait, la force doit être plus grande, pour compenser le frottement de la corde sur l'anneau dans lequel elle passe. Or, Tintin n'a pas été capable de soulever une des extrémités de la poutre quand elle reposait au sol, une situation où la force requise n'est que la moitié du poids de la poutre !

Bien entendu, ce genre de coquille scientifique n'enlève rien au plaisir de lire les histoires d'Hergé !



Les règlements de ce concours sont disponibles à l'adresse de *Québec Science*.

### LA PHYSIQUE AU SUPERMARCHÉ

Quatre litres de lait, dix livres de pommes de terre, cinq boîtes de soupe aux pois... Selon l'endroit où on dépose ces denrées lourdes dans le caddie (chariot), il sera plus ou moins facile de manœuvrer et tourner ce dernier.

Lors de vos prochaines courses, déterminez l'endroit où il est préférable de mettre ces objets lourds. Est-ce à l'avant, au centre ou à l'arrière (près de la poignée) du caddie ? Et pourquoi ?

La personne gagnante du numéro de novembre est :

**M. Jean-Pierre R. Leblanc**  
34, ave Hillcrest  
Bible Hill (Nouvelle-Écosse) B2N 4L3

# DES HEURES ET DES HEURES DE LOISIR ÉDUCATIF

Profitez de l'expertise  
mise au point par  
les organismes québécois  
de loisir scientifique.

POUR LES JEUNES ET LES MOINS JEUNES

*Des activités d'apprentissage emballantes  
qui plairont à tous les utilisateurs*

*Des références nombreuses qui vous dirigeront vers les organismes  
ou les services spécialisés*

*Des milliers d'heures amusantes d'apprentissage*

*Une fiche d'évaluation des activités*

*25 secteurs d'activités - 100 activités différentes*

Objectif visé par l'activité

Groupe d'âge auquel s'adresse l'activité

**ENTOMOLOGIE**  
**DEVENEZ ÉLEVEUR DE MOUCHES**

De 10 à 12 ans

Étudier les différentes étapes de développement d'un insecte et prendre conscience de l'utilité des insectes dans l'écosystème.

De 10 à 20 personnes

Se déroule sur une période de 7 semaines.

**RESSOURCES**

(Par participant ou par équipe) un pot en verre, petits morceaux de viande crue, une bande cotons.

**DESCRIPTION**

Répandre d'abord environ 3 cm de terre dans le fond du pot. Déposer ensuite sur la terre un morceau de viande crue et faire l'affaire. Placer ensuite le pot dans un endroit sombre pour éviter que les mouches ne soient plus tard, à se régaler. Au bout de quelques jours, on observe des petits vers blancs qui se nourrissent de la viande crue. Après avoir classé les vers, on les fait disparaître simultanément d'un coup de la visse.

Au bout de quelques jours, on observe des mouches qui se nourrissent de la viande crue.

**PHOTO**  
**REPORTAGE PHOTOGRAPHIQUE SUR LE MILIEU**

12 ans et plus

Présenter au moyen de la photographie le milieu dans lequel le groupe vit ou séjourne (école, base de plein air, municipalité).

Un petit groupe, une classe ou même plusieurs classes

Quelques semaines

**RESSOURCES**

Des appareils-photo (n'importe lesquels : instantané ou 35 mm) ; de la pellicule ; compte tenu du coût des appareils-photo, l'échange et le prêt d'appareils sont recommandés.

**DESCRIPTION**

Cette activité amène les participants à observer leur milieu sous un autre point de vue, celui du photographe amateur.

Dans les consignes de départ, il faut définir le type de support photographique qui sera utilisé : photos imprimées ou diapositives, couleurs ou noir et blanc, 35 mm ou polaroid, etc.

Selon les situations, on fixera un thème. Par exemple, dans un contexte scolaire, il est intéressant de choisir un moment fort de la vie de l'école : un carnaval, la rentrée, la période des examens.

Lorsque les participants possèdent des notions de base de photographie, on peut proposer un « safari-photo », c'est-à-dire de définir un contenu d'images à capturer : photographier uniquement des personnes, des objets particuliers, des animaux, etc. Une fois les reportages terminés, on organise une exposition.

- ÉCOLOGIE • JARDINAGE • BOTANIQUE • ORNITHOLOGIE •
- ENTOMOLOGIE • MYCOLOGIE • ASTRONOMIE • GÉOLOGIE •
- MÉTÉOROLOGIE • SPÉLÉOLOGIE • INFORMATIQUE •
- CHIMIE • RADIO AMATEUR • GÉOGRAPHIE • HISTOIRE •
- GÉNÉALOGIE • ARTS PLASTIQUES • AUDIOVISUEL •
- LITTÉRATURE • MUSIQUE •
- DANSE • THÉÂTRE •
- COLLECTIONS •
- FESTIVALS •
- FÊTES • JEUX

Nombre de personnes  
pouvant participer

Durée de l'activité

Matériel nécessaire  
à l'activité

Description concise  
de l'activité



## DES SUGGESTIONS POUR...

### ANIMATEURS, DIRECTEURS DE LOISIR

Dans une municipalité, un centre communautaire, une base de plein air, un camp de vacances, une organisation de jeunesse

...ANIMER VOS PROGRAMMES D'ACTIVITÉS

### DIRECTEURS D'ÉCOLES, ENSEIGNANTS, ANIMATEURS DE VIE ÉTUDIANTE

...DÉVELOPPER VOS ACTIVITÉS PÉDAGOGIQUES COMPLÉMENTAIRES

### INTERVENANTS D'UNE INSTITUTION DE SANTÉ OU DE SERVICE SOCIAL

...DIVERTIR VOS BÉNÉFICIAIRES

### PARENTS

...AGRÉMENTER LA VIE DE FAMILLE

### Recueil d'activités de loisir scientifique

152 pages, 18 \$

### Recueil d'activités de loisir culturel

196 pages, 22 \$

EN VENTE CHEZ VOTRE LIBRAIRE OU CHEZ L'ÉDITEUR au (418) 657-3551, poste 2860

ou indiquez le nombre d'exemplaires désiré dans la case placée à côté du titre et expédiez cette annonce avec votre paiement à :

Québec Science Éditeur, C.P. 250, Sillery (Québec) Canada, G1T 2R1

ou par télécopieur au (418) 657-2096

Nom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Code postal \_\_\_\_\_ Tél. ( ) \_\_\_\_\_

Chèque  Mandat postal  Visa  MasterCard Date d'exp. \_\_\_\_\_

Numéro \_\_\_\_\_ Signature \_\_\_\_\_

Au Canada ajoutez la TPS (7%)

MIROIR, GENTIL MIROIR...



Pendant qu'on se morfond sur les handicaps visuels du télescope spatial Hubble, 4 miroirs de 8 mètres seront construits, pour former ensemble, dans le désert d'Atacama au Chili, un miroir de 16 mètres, « le futur meilleur télescope au monde », capable de lire l'Univers jusqu'à 10 milliards d'années-lumière. Assurer la rigidité par l'épaisseur selon la technique conventionnelle aurait exigé des miroirs de 150 tonnes. On a donc opté pour des miroirs plus minces, appuyés sur 200 vérins, qui corrigent les déformations. Il faut, pour chaque miroir, couler, étaler et homogénéiser par centrifugation 45 tonnes de verre... et attendre 4 mois pour que le tout refroidisse.

(Sciences et Avenir, n° 529)

UN ALIMENT CONTAMINÉ MAIS COMESTIBLE

Une étude menée auprès de 540 Québécoises démontre que le lait maternel, malgré les contaminants qu'il contient, demeure le meilleur aliment pour les nourrissons. Issues de toutes les régions de la province, ces femmes avaient accouché entre les mois de décembre 1988 et mai 1990. En moyenne, le niveau de concentration des contaminants (BCP, dioxines, furannes, pesticides) trouvés dans le lait maternel était trois fois moins élevé que la norme considérée comme dangereuse par le gouvernement fédéral. Présents dans la nature, les contaminants se retrouvent en particulier dans les graisses animales et le poisson. Faire bonne chère est un plaisir qui comporte décidément de nombreux désagréments.

(PC, in La Presse, 5/9/91)

EXCÈS DE VITESSE

Quand on parle du réchauffement de la planète, on accuse les gaz à effet de serre que dégage l'industrie et l'automobile. Mais certains voudraient attribuer ce phénomène à un changement du comportement de l'océan et aux fluctuations climatiques qui en découlent. Ce qu'on constate en ce moment, c'est que l'océan n'absorbe pas autant de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) qu'il le devrait. La circulation de l'océan aurait aussi un rôle à jouer en période de changements climatiques : l'eau du globe fait présentement (!) le tour de la Terre en 1 500 ans, contre 600 à l'approche d'une glaciation. Il faut donc ralentir les émissions de CO<sub>2</sub>, car ralentir l'océan...

(Franc-vert, vol. 8, n° 1)

UNE AUTRE FOIS L'ATLANTIDE ?

L'Europe aurait-elle été construite sur une éponge ? Des scientifiques le croient. Animaux primitifs qui se nourrissent de matière organique, les éponges ont déjà recouvert le continent européen. En fait, ce récif constituait une véritable barrière de 2 900 kilomètres de long, en forme d'arc de cercle, s'étendant du sud de l'Espagne jusqu'à l'est de la Roumanie. C'est grâce à l'océan Téthys, qui recouvrait, il y a 160 millions d'années, les terres émergées, que les éponges ont pu s'établir. Elles ont ainsi construit, dans ces eaux chaudes et peu profondes, des édifices entiers, habités par d'autres espèces vivantes. Et ce ne sont pas là des châteaux en Espagne !

(Sciences et Avenir, n° 529)

UNE VOITURE PAS TRÈS ÉLECTRISANTE

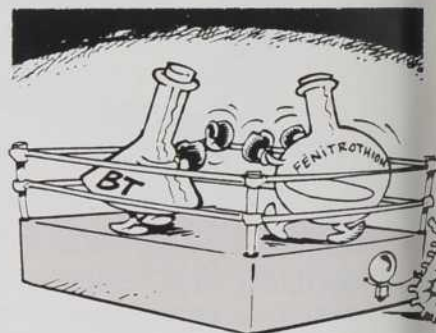
Nissan, le numéro deux de l'industrie automobile au Japon, se lance dans la fabrication d'une voiture mue à l'énergie électrique. Ce véhicule, une berline cinq places de luxe, devrait être disponible d'ici au printemps 1993. Toutefois, il sera produit en nombre limité et ne sera offert qu'au gouvernement japonais, question d'en étudier les performances. Au plan technique, la voiture sera équipée de nouvelles batteries lui assurant une autonomie d'environ 200 kilomètres. Soulignons que ces batteries pourront être rechargées à 80 % en une douzaine de minutes à peine. Est-ce le début de la fin pour la pompe à essence ?

(La Presse, 26/8/91)

PLONGEURS DEMANDÉS

L'Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles (région de Québec), l'APEL, avait eu l'idée, en 1990, de lancer un... ou plutôt une invitation à tous les bénévoles intéressés, afin de nettoyer les berges du lac. Devant le succès remporté la première année, l'Association a récidivé l'année dernière, en demandant cette fois le concours du club de plongée Les soleils de mer, pour ratisser le fond du lac. Vêtus de bonbonnes, de masques et de palmes, les « soleils » ont remonté des pneus, des barils, différents objets en métal, de vieux jouets, des chaises de parterre... Comme quoi il n'y a pas que la vaisselle qu'on nettoie en plongeant.

(Franc-vert, vol. 8, n° 1)



UNE BIÈRE D'ÉPINETTE POUR LA TORDEUSE

Deux insecticides, le biologique Bt et le chimique fénitrothion, s'affrontent pour combattre la tordeuse. Dans un coin, l'industrie forestière dénonce l'inefficacité et les mauvaises stratégies d'application du Bt, et moussine la supériorité du produit chimique. Dans l'autre, le gouvernement interdit le fénitrothion, affirme qu'une application hâtive de Bt protège le feuillage et qu'une application tardive réduit le nombre d'insectes pour l'année suivante. Dans la salle, des environnementalistes affirment que l'épidémie régresse, dénoncent les manœuvres de l'industrie et réclament l'appui du public. La tordeuse ? Elle se demande, en Bt, qui est l'adversaire de qui.

(Franc-vert, vol. 8, n° 1)

On ne saurait en quelques lignes rendre justice à une somme (sic) si considérable d'informations factuelles et analytiques. Sous la direction de Nicolas Witkowski, plus de 170 rédacteurs, des scientifiques pour la plupart, dressent un formidable portrait de la science actuelle et des grandes questions qui l'animent.



WITKOWSKI, NICOLAS  
(SOUS LA DIRECTION DE)  
*L'état des sciences  
et des techniques*  
Boréal - La Découverte,  
Québec, Paris  
1991, 496 pages, 29,95 \$  
ISBN 2-89052-446-9

Sur 500 pages sont brossées 200 courtes fresques, regroupées en trois grands thèmes.

On aborde d'abord les changements dans les modes de vie induits par les sciences et les technologies. On traite donc du travail, de l'environnement, de l'économie, de la culture. C'est toute la question Science-Technologie-Société qui est présentée dans un langage accessible au public.

Ensuite, on dresse un bilan des recherches actuelles en biologie, en sciences de la Terre, en physique, en chimie, en sciences cognitives, en médecine, en mathématiques, etc. Mais là, plutôt que de « tomber dans le revers qui consiste à accumuler des certitudes et des connaissances figées, c'est au contraire ce qui bouge dans la science et la technologie actuelles » qui est l'optique de l'ouvrage.

Enfin, le troisième thème soulevé est celui de la politique, de la sociologie et de l'économie de la

science. On retrouve ici des articles sous la plume de J. J. Salomon, M. Callon, J. M. Lévy-Leblond et B. Latour.

On ne saurait, devant une telle entreprise, qu'en vanter les mérites. On est en effet en présence d'un travail de synthèse auquel sied presque le qualificatif d'encyclopédique. Mais au-delà de la quantité d'information, c'est le traitement qui exige mention : à la simple description, si commune à bien des ouvrages du genre, les auteurs ont préféré l'interrogation, l'analyse critique et la réflexion sur le phénomène scientifique et technologique. À l'inverse de l'utopie du progrès, ils ont opté pour le réalisme, avec toutes les désillusions que cela suppose. À l'inverse de l'aspect strictement technique, ils ont considéré les aspects sociaux et humains de la science.

Sans hésitation, il faut vous procurer ce livre !

Benoît Godin

FLEURY, CLAUDE ET  
BERNATCHEZ, YVON  
*Guide des choix technologiques  
de diffusion*  
Les Publications du Québec, Québec  
1991, 180 pages, 29,85 \$  
ISBN 2-551-14663-1

L'émergence des technologies de diffusion a facilité l'éclosion, voire la profusion de services de communication, de transaction ou d'information. Tous les secteurs de l'activité humaine sont touchés : courrier électronique, téléachat, services vidéotex, éditique... Comment s'y reconnaître et, surtout, comment faire un choix judicieux ?

Fruit d'une étroite collaboration entre trois firmes d'experts et



le ministère des Communications du Québec, le *Guide des choix technologiques de diffusion* apporte un éclairage sur quatorze technologies. Conçu à l'intention des entrepreneurs et administrateurs des secteurs privé et public, l'ouvrage s'adresse également aux utilisateurs des nouvelles technologies qui désirent comprendre l'éventail des options mises à leur disposition.

Un chapitre entier explique d'abord les différents réseaux, le véritable « théâtre des opérations ». Puis, la problématique de la diffusion et des choix technologiques est traitée en fonction des objectifs de l'organisation, de ses besoins, ainsi que de l'évaluation des marchés et des clientèles. L'intérêt du livre tient cependant à ses 14 fiches signalétiques. On y retrouve notam-

ment : une description de la technologie, souvent complétée par un graphique illustrant les différents éléments et la terminologie ; une analyse des besoins auxquels répond la technologie ; l'utilisation en réseaux (convivialité et modes d'accès), les coûts, les caractéristiques techniques. Enfin, un encadré résume les forces et les faiblesses de la technologie.

Un glossaire, établi principalement à partir des services linguistiques de Bell Canada, vient clore le livre.

Le *Guide des choix technologiques* constitue un manuel pertinent dans un contexte où la technologie dépasse souvent la demande et où la convergence semble la « clé de l'avenir ».

Suzanne Philibert

## À SIGNALER

### LES AMI-E-S DE LA TERRE DE QUÉBEC

*Le Guide vert des consommateurs* ▶  
Libre Expression, Montréal  
1991, 284 pages, 19,95 \$  
ISBN 2-89111-468-X

Comment s'y prendre pour préserver son environnement et améliorer sa qualité de vie ? En 10 chapitres, *Le Guide vert des consommateurs* répond concrètement à cette question. Tous les aspects de la vie quotidienne sont abordés. On y découvre idées, trucs, conseils, recettes faciles à intégrer aux activités de tous les jours et qui donnent la clé d'une nouvelle façon de consommer.

### KOHLER, PIERRE

*La vie des étoiles*  
Éditions Ouest-France  
(coll. « À la découverte de l'Univers »),  
Rennes, 1991, 160 pages, 24,95 \$  
ISBN 2-7373-0391-5

Chroniqueur scientifique, Pierre Kohler parle ici de l'existence des étoiles. L'ouvrage, qui aurait pu aussi s'intituler « Naissance, vie et mort des étoiles », est complété par trois annexes : 1. Présentation thématique des principales découvertes astronomiques ; 2. Quand l'homme exploitera le système solaire ; et 3. Caractéristiques des planètes du système solaire.



### RABINOVITCH, GÉRARD

(SOUS LA DIRECTION DE)  
*Almanach Jules Verne 1992*  
Éditions Ramsay/Agence Jules Verne,  
Paris, 1991, 312 pages, 54,95 \$  
ISBN 2-85956-965-0

Journalistes, chercheurs et écrivains racontent et commentent l'actualité scientifique. « L'Almanach Jules Verne, c'est chaque année le grand roman de l'actualité des sciences, l'annuaire des découvertes, le bilan des recherches en cours, le dictionnaire des performances technologiques, le glossaire des mots savants à la mode, le dossier secret des inventions qui vont bouleverser le monde, le poème de la nature, le bêtisier des idées fausses, la collection des « images passées du futur ». »

## OBJECTIF MARS (Guy Paquin)

En 2020, on aura marché sur Mars. C'est du moins l'objectif annoncé par le président américain. Mais pourquoi cette relance de l'exploration planétaire ? Pour mieux comprendre le destin de notre planète, nous dit *Guy Paquin*, qui a interrogé là-dessus plusieurs chercheurs canadiens et américains.

## RENCONTRE AVEC MICHEL SERRES (Claire Chabot)

Mathématicien, philosophe, historien des sciences, Michel Serres cherche à faire le lien entre culture et nature, entre les humanités d'une part et l'étude des sciences et l'exploration du monde d'autre part. *Claire Chabot* l'a rencontré et nous fait part de cet entretien avec un des grands penseurs de notre époque.

## LES CRÉATEURS DE SOURIS (Jean-Marc Fleury)

Les ingénieurs des gènes ont d'abord travaillé avec des bactéries et des virus. Depuis quelques années, ce sont des souris qu'ils façonnent. *Jean-Marc Fleury* a fait le tour de quelques laboratoires, et découvert ce monde fascinant des souris transgéniques.

## LE SECOND SOUFFLE DES TRAINS (Yvon Larose)

Le Canada vient de commander une étude sur l'implantation éventuelle d'un train à grande vitesse dans le corridor Québec-Windsor. Deux technologies sont offertes : le TGV français et le Sprintor suédois. *Yvon Larose* nous décrit les défis de la vitesse sur rail et les deux solutions qui s'affrontent.



## Le mois prochain : le nom de notre béluga

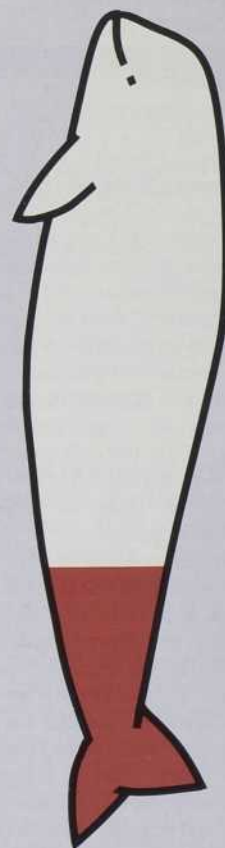
En achetant ce numéro de *Québec Science* en kiosque et en participant au concours, vous rendrez possible l'adoption d'un béluga par les agents distributeurs de *Québec Science*, en collaboration avec les Messageries Dynamiques. Vous pourrez constater sur la silhouette ci-contre, qui paraît dans chaque numéro de *Québec Science*, la progression des résultats visant le sauvetage de notre béluga. Plus de 125 bélugas ont été photo-identifiés par les chercheurs de l'Institut national d'écotoxicologie du Saint-Laurent et 63 d'entre eux ont été adoptés. Au cours de l'été 1991, les biologistes de l'Institut ont revu 25 de ces animaux. Seul un patient travail de longue haleine permettra de connaître le sort qui leur est réservé.

## GAGNEZ UN SÉJOUR

**de 3 jours et 2 nuits pour deux personnes à l'Hôtel Tadoussac et une croisière d'observation des baleines.**

En plus d'aider à sauver notre béluga, votre geste vous donnera la chance de gagner une fin de semaine pour deux à l'Hôtel Tadoussac, au cours de laquelle vous aurez l'occasion d'aller observer les baleines à l'embouchure du Saguenay et, qui sait, peut-être d'y apercevoir notre futur adopté !

Si vous avez acheté ce magazine chez un détaillant, remplissez tout simplement le coupon ci-dessous, puis découpez et remettez-lui cette annonce complète (les fac-similés ne sont pas acceptés). Vous serez ainsi automatiquement inscrit au concours.



Estampe du détaillant

Remettez au détaillant qui vous a vendu ce numéro de *Québec Science*

Nom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

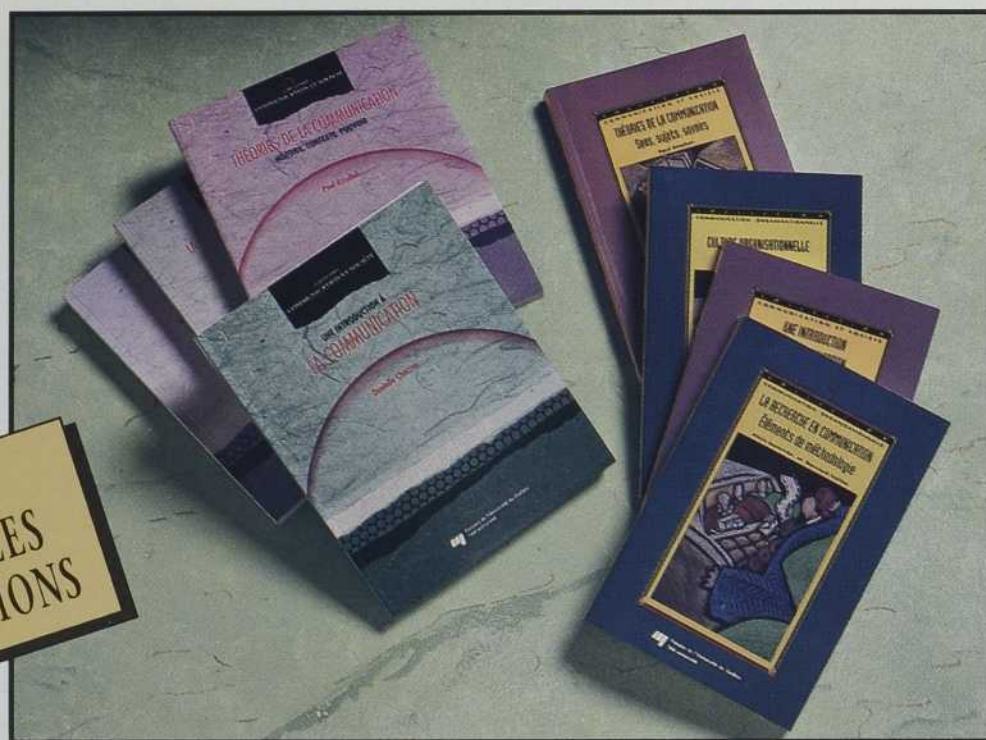
Ville \_\_\_\_\_

Code postal \_\_\_\_\_ Tél. ( \_\_\_\_\_ ) \_\_\_\_\_

Cochez si vous désirez des renseignements sur la *Fondation Québec Science*

Route \_\_\_\_\_

# TOUT SUR LA COMMUNICATION N



DES OUTILS  
COMPLETS  
D'INFORMATION

LES SEULS  
DU GENRE  
EN FRANÇAIS

DEUX  
NOUVELLES  
COLLECTIONS

## COLLECTION COMMUNICATION ORGANISATIONNELLE

- Les problèmes de communication dans les organisations
- La mise à contribution de tout le personnel pour régler ces problèmes dans un souci constant d'efficacité

9 volumes

### TITRES DÉJÀ PARUS

Indiquez dans la case placée à côté du titre, la quantité que vous désirez commander

- |                          |  |       |
|--------------------------|--|-------|
| <input type="checkbox"/> | LA COMMUNICATION DANS LES ORGANISATIONS                    | 28 \$ |
| <input type="checkbox"/> | LA CULTURE ORGANISATIONNELLE                               | 20 \$ |
| <input type="checkbox"/> | LA RECHERCHE EN COMMUNICATION.<br>ÉLÉMENTS DE MÉTHODOLOGIE | 32 \$ |

### TITRES À PARAÎTRE BIENTÔT

Cochez la case placée à côté du titre si vous désirez être informé de la parution

- |                          |  |
|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | MÉTHODES DE COLLECTE ET D'ANALYSE DE DONNÉES<br>EN COMMUNICATION   |
| <input type="checkbox"/> | TECHNIQUES ET DYNAMIQUE DE LA FONCTION «CONSEIL»                   |
| <input type="checkbox"/> | ORGANISATIONS ET CONTEXTE QUÉBÉCOIS                                |
| <input type="checkbox"/> | MÉTHODES DE PLANIFICATION DE LA COMMUNICATION<br>ORGANISATIONNELLE |
| <input type="checkbox"/> | SYSTÈMES DE COMMUNICATION ET PRODUCTIVITÉ                          |
| <input type="checkbox"/> | COMMUNICATION ET ENVIRONNEMENT                                     |

## COLLECTION COMMUNICATION ET SOCIÉTÉ

- Regroupement de toutes les études de base en communication
- Ouverture originale sur le contexte culturel, politique et d'économie des médias autant québécois et canadiens qu'américains.

9 volumes

### TITRES DÉJÀ PARUS

Indiquez dans la case placée à côté du titre, la quantité que vous désirez commander

- |                          |   |       |
|--------------------------|---|-------|
| <input type="checkbox"/> | INTRODUCTION À LA COMMUNICATION                                 | 30 \$ |
| <input type="checkbox"/> | THÉORIES DE LA COMMUNICATION I :<br>HISTOIRE, CONTEXTE, POUVOIR | 29 \$ |
| <input type="checkbox"/> | THÉORIES DE LA COMMUNICATION II : SENS, SUJET, SAVOIR           | 30 \$ |
| <input type="checkbox"/> | LES INDUSTRIES DE LA CULTURE ET DE LA COMMUNICATION             | 35 \$ |
| <input type="checkbox"/> | LA COMMUNICATION MASS-MÉDIATIQUE<br>AU CANADA ET AU QUÉBEC      | 31 \$ |

### TITRES À PARAÎTRE BIENTÔT

Cochez la case placée à côté du titre si vous désirez être informé de la parution

- |                          |   |
|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | HISTOIRE DES COMMUNICATIONS   |
| <input type="checkbox"/> | COMMUNICATION ET MÉDIAS DE MASSE :<br>CULTURE, DOMINATION ET OPPOSITION |
| <input type="checkbox"/> | TÉLÉCOMMUNICATIONS, RÉGLEMENTATION ET NOUVEAUX SERVICES                 |
| <input type="checkbox"/> | COMMUNICATION INFORMATISÉE ET SOCIÉTÉ                                   |

En vente chez votre libraire ou chez l'éditeur par téléphone, télécopieur ou en postant ce bon de commande

Nom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Code postal \_\_\_\_\_ Tél. ( ) \_\_\_\_\_

Chèque  Mandat postal  Visa  MasterCard Date d'exp. \_\_\_\_\_

Numéro \_\_\_\_\_ Signature \_\_\_\_\_

Presses de l'Université du Québec  
C.P. 250, Sillery (Québec) Canada  
G1T 2R1

Téléphone : (418) 657-3551, poste 2860  
Télécopieur : (418) 657-2096

# L'évolution du Savoir



## UQAM L'université actuelle

 Université  
du Québec  
à Montréal

Admission jusqu'au 1<sup>er</sup> mars 1-800-461-1515

La Fondation de l'UQAM offre des bourses d'études de 1 000 \$ à 7 000 \$.