

3,25 \$

Volume 30, numéro 6

MARS

1992

QUÉBEC SCIENCE

OBJECTIF MARS

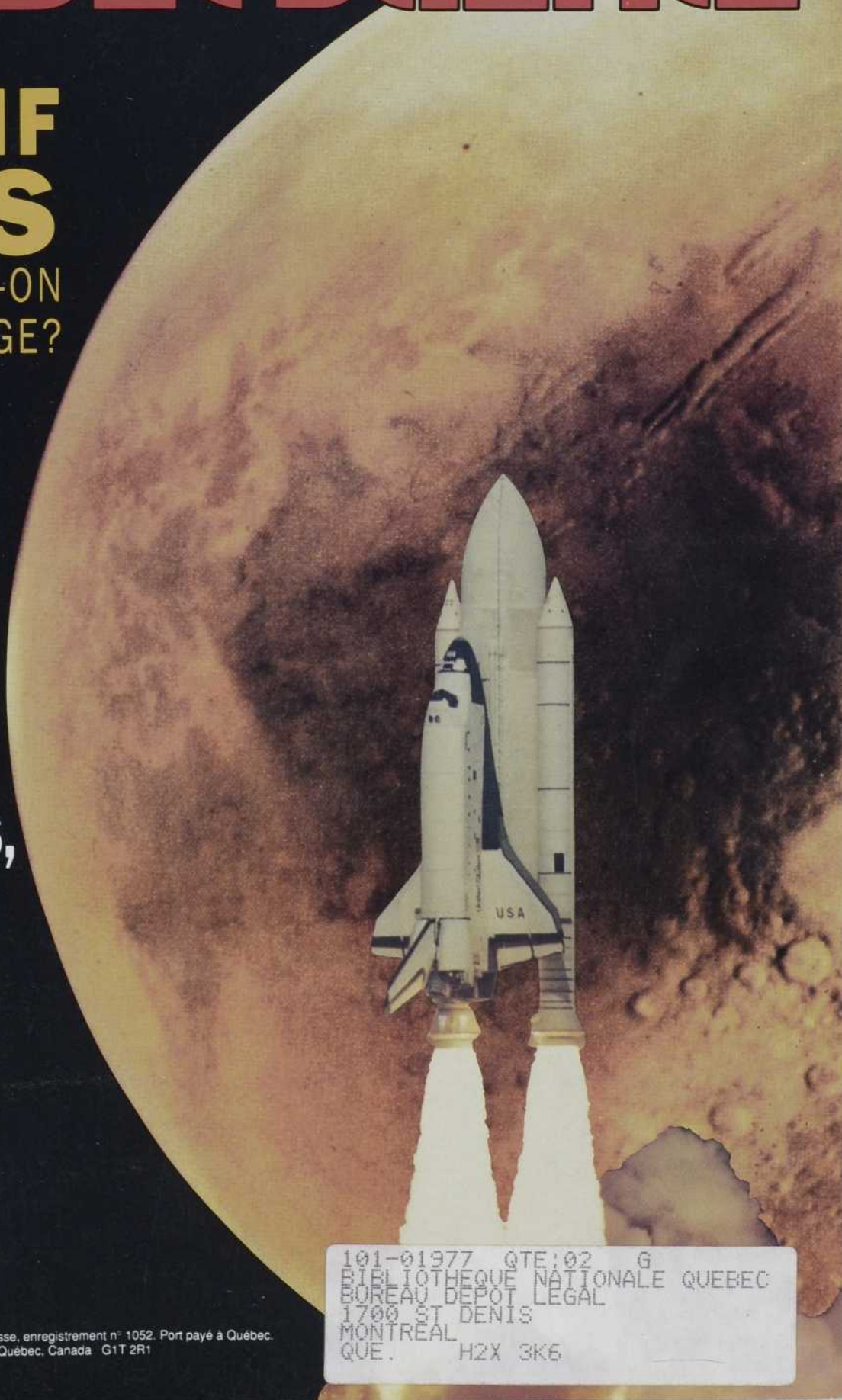
RESSUSCITERA-T-ON
LA PLANÈTE ROUGE?

DES SOURIS
INVENTÉES

DES TRAINS
ULTRARAPIDES
AU QUÉBEC

MICHEL SERRES,
PHILOSOPHE
DE LA SCIENCE

LA MÉMOIRE
SOUS GLACE



Courrier de 2^e classe, enregistrement n° 1052. Port payé à Québec.
C.P. 250, Sillery, Québec, Canada G1T 2R1

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

LA TERRE ENTRE BONNES MAINS

STONEHAM
DU 8 AU 10 AVRIL 1992

50 conférences - 5 cours intensifs - 60 photoprésentations
SUR

l'avancement des géosciences en exploration minérale, en
exploitation et en environnement.

ENTRE AUTRES AU PROGRAMME:

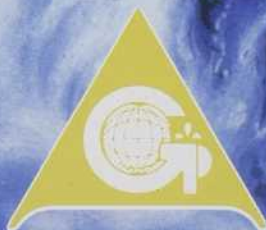
Les enjeux en matière de santé environnementale,
et de méga-projets comme
Grande-Baleine.

Les géologues et les géophysiciens sont impliqués d'une
part dans la recherche et l'exploitation de ressources
minérales et énergétiques, et impliqués d'autre part dans
les études d'impact environnemental obligées par ces
mêmes projets d'exploitation. Paradoxal? Mais pas du
tout. C'est le lot des géoscientifiques de voir à l'explo-
itation raisonnée des ressources.

POUR INFORMATION:

Secrétariat du Congrès:
Stoneham 1992
Ministère de l'Énergie et des Ressources
5700, 4e Avenue Ouest, A-209
Charlesbourg (Québec)
G1H 6R1

Serge Genest (418) 644-8259
Daniel Lebel (418) 643-3511



ASSOCIATION PROFESSIONNELLE DES GÉOLOGUES ET GÉOPHYSICIENS DU QUÉBEC
DE L'EXPLORATION À LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT:
UNE RICHESSE AU SERVICE DES QUÉBÉCOIS

ARTICLES

18 Objectif Mars

Au moment où on prend conscience des dangers du réchauffement global pour la Terre, certains scientifiques pensent qu'il faudra réchauffer la planète Mars pour la ressusciter.
Par Guy Paquin

24 Des animaux malades de nos gènes

Transférer génétiquement les maladies humaines à des animaux de laboratoire pour mieux les étudier — le concept est audacieux, les techniques parfois géniales.
Par Jean-Marc Fleury

32 Rencontre avec Michel Serres

Redonner à la science une vision globale
Une interview éclairante, avec un scientifique pour qui il est temps de réconcilier la science avec l'histoire, la philosophie et la morale.
Par Claire Chabot

36 Le second souffle du train

Qu'est-ce qui est presque aussi rapide et profilé que l'avion, mais plus sécuritaire, moins polluant et moins bruyant ? Le train à grande vitesse.
Par Yvon Larose

42 La mémoire des combes à neige

Des dépressions dans le sol, plus ou moins remplies de neige, peuvent nous en apprendre long sur notre passé climatique.
Par Sylvain Lamoureux



Page 18



Page 24



Page 32



Page 36

CHRONIQUES

ACTUALITÉ

7 Haro sur l'ozone

Pendant que la stratosphère perd son ozone, la troposphère, autour de nous, en a... trop.
Et ça, c'est le smog, un brouillard pas du tout protecteur.
Par Raymond Lemieux

11 La fibrose kystique : vers une thérapie génique

Tout le monde sait qu'un virus, ça peut rendre malade. Ce qui est nouveau, c'est qu'on puisse se servir d'un virus pour guérir.
Par Étienne Denis et Marc Bourgault

15 Nouveau test pour le syndrome de l'X fragile

Énigme glacée sur Mercure
Le thermomètre moléculaire des cellules
Une artère cultivée en éprouvette
Un compte-gouttes électronique

45 LA DIMENSION CACHÉE

Questions hiémales
Par Raynald Pepin

5 ENTRE LES LIGNES

47 EN VRAC

49 À LIRE

Savants et ignorants. Une histoire de la vulgarisation des sciences
La biologie buissonnière

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
Répertorié 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

HISTOIRE, COMMUNICATION ET LECTURE

TÉLÉCOPIEUR FAMILIAL

Fax phone Fx 50 de Canon
Rouleau de papier de 100 m. Coupe-papier et
assemblage automatiques. Alimenteur automatique
de 10 feuilles. Vitesse de 15 sec./page. Composition
automatique à une touche, jusqu'à 16 correspon-
dants. Recomposition automatique 2 fois.
Connexion à un répondeur téléphonique.
Mode demi-teinte (16 tons de gris).

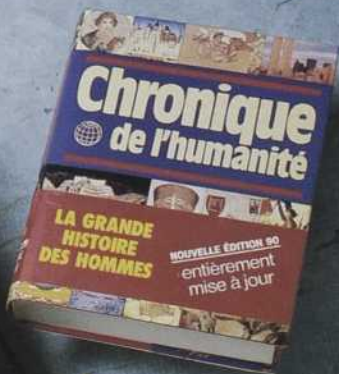
Non-membres: 808,92 \$ (taxes incluses)
MEMBRES: 649,16 \$ (taxes incluses)

CHRONIQUE DE L'HUMANITÉ

Une façon nouvelle de raconter l'histoire
L'histoire universelle du monde, des origines
à nos jours, restituée dans un déroulement
chronologique. Elle fait coexister dans un parfait
synchronisme les événements qui se sont déroulés
au même moment aux quatre coins du monde.
Près de 1 300 pages

Non-membres: 79,71 \$
MEMBRES: 55,79 \$
(taxe incluse)

**PRIX
RÉDUITS
POUR LES MEMBRES**



AUSSI

RÉDUCTION DE 20 % accordée sur les livres recensés dans la chronique À LIRE
de février 1992 (p.49) du magazine Québec Science.
Non-membres: prix régulier • MEMBRES: RÉDUCTION DE 20 % (ajoutez la TPS de 7 %)

Pour devenir membre, remplissez
le coupon se trouvant à la page 48
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 48 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 • Album
de collection sur la nature • Dictionnaires • Jeux
scientifiques et jeux éducatifs • Affiches sur la nature
et l'univers • Vidéocassettes • Télescopes • Jumelle
- 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 • Télécopieurs • 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



2875, boul. Laurier
Sainte-Foy (Québec) G1V 2M3
Tél.: (418) 657-3551 Abonnements: poste 2854
Rédaction: (418) 657-3551 poste 2426
Télécopieur: (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

Marc Bourgault, Claire Chabot, Étienne Denis,
Suzanne Champoux, Jean-Marc Fleury,
Benoît Godin, Sylvain Lamoureux, Yvon Larose,
Guy Paquin, Raynald Pepin, Pierre Sormany

Ajointe à la rédaction

Patricia Larouche

Révision linguistique

Robert Paré

PRODUCTION

Conception graphique
et recherche iconographique

Richard Hodgson

Photos couverture

NASA

Séparation de couleurs

Les ateliers haut registre inc.

Impression

Imprimerie l'Éclairer

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 of Circulations (ABCP)

Québec Science est produit gratuitement sur cassette
par l'Audiotèque, 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

UNE GRILLE DE LECTURE

En ouvrant Québec Science ce mois-ci, le lecteur attentif aura déjà noté un changement au niveau du sommaire. On y trouve un plus grand nombre d'articles, dans la section « Actualité » notamment. Nous comptons en effet rapprocher un peu plus le magazine de la science qui progresse, de ses derniers développements. Des articles aux perspectives moins larges (plus courts, donc) cherchant à suivre le premier front des recherches, au Québec ou ailleurs, et à en donner la signification. On le fait ici pour les premiers efforts de thérapies géniques contre la fibrose kystique, la lutte contre la pollution par l'ozone, ou ce nouveau test de dépistage précoce d'une importante maladie génétique.

Les lecteurs et lectrices intéressés à des articles allant plus au fond des choses retrouveront dans ce numéro un contenu fort riche. Suggestion aux indécis, ne sachant par quel article commencer : pourquoi ne pas d'abord lire l'interview du philosophe Michel Serres ?

On apprend un peu sur l'homme. Une bonne part de son œuvre s'inscrit dans une tentative de jeter un pont entre les sciences pures et celles que l'on qualifie d'humaines. Mais on y trouve surtout un questionnement qui peut ensuite servir lors de la lecture des autres articles.

Michel Serres nous invite à réaliser que le pouvoir accru que procure la science conduit inévitablement à un devoir. Par exemple, lorsque les parents auront le **pouvoir** de connaître la susceptibilité de leur enfant aux maladies, avant même sa naissance, ils auront le **devoir** de le faire examiner. « C'est ainsi, dit-il, que la science va devenir une morale. »

Une fois sensibilisé par cette affirmation, il est ensuite doublement enrichissant de poursuivre avec les autres articles. Il suffit de les lire en cherchant s'il y est question de nouveaux pouvoirs, puis de se demander si ces pouvoirs conduisent à de nouvelles responsabilités. Ceci est relativement facile lorsqu'il s'agit de recherches biomédicales, mais cela vaut aussi dans d'autres domaines. Par exemple, lorsqu'une technologie ou le résultat d'une recherche a une importante signification pour l'environnement. Dans d'autres cas, ce peut être l'information générée par la recherche qui nous interpelle et nous oblige à remettre en question certains comportements.

Et cette grille d'analyse vaut sans doute pour tous les numéros à venir. Plus on y trouvera d'articles offrant l'occasion de relier science, pouvoir et devoir, plus cela signifiera que les sujets choisis méritaient bien une place dans ces pages. Ces relations que l'on découvre ne devraient pas nous enlever le goût ni le plaisir de lire, mais souligner à quel point la science n'est pas uniquement l'affaire des scientifiques.

Heureusement aussi qu'il y a moyen de présenter toutes ces nouvelles responsabilités d'une façon attrayante... et même avec un peu d'humour. À vous de juger !

LA RÉDACTION

SUIVRE LA FILIÈRE GÉNÉTIQUE...

Je trouve votre article (déc.-janv.) sur la recherche en psychiatrie génétique intéressant, mais j'aimerais mettre des bémols à certaines de vos affirmations. [...] Il est intéressant de « suivre la filière génétique », comme vous le dites, mais il y a un risque de ne voir les maladies mentales que sous cet angle et occulter l'aspect social et affectif de la maladie. [...] Dire que la théorie de l'influence primordiale de la relation mère-enfant est ainsi réfutée, c'est aller un peu vite quand on parle du développement de la schizophrénie. Que deux jumeaux identiques aient plus de chances de contracter la maladie, si l'un des deux en est atteint, ne prouve pas nécessairement que les gènes aient tant d'importance. N'ont-ils pas aussi la même mère ? Croire en l'influence des rapports affectifs dans la famille comme facteur responsable de la santé mentale ne contredit pas les données génétiques sur les individus. On n'a qu'à observer. Deux personnes peuvent vivre une même situation d'une façon différente, et les caractères

innés en sont en partie la cause. Il me semble évident que nous possédons une nature « psychologique » et « biologique » dès le départ, qui nous soit propre. Cela aussi fait partie de la dynamique du développement de la psychose.

À vous lire, le seul espoir de ces grands malades serait le travail du Centre de recherche Université Laval Robert-Giffard. À vous lire, on oublie [...] que les psychotiques sont d'abord le produit d'une société qui a développé des techniques de communication hypersophistiquées, mais qui n'arrivent même pas à répondre aux besoins essentiels de l'humanité. [...]

Il faut pouvoir considérer la psychose comme l'ultime défense contre la souffrance psychologique qu'utilise la personne. [...] La folie est le dernier recours pour garder tout en place, donc pour survivre. [...]

[Certes], la psychiatrie génétique n'est pas un leurre en soi. Mais, pour ce qui est des maux de l'esprit, il faut une approche beaucoup plus globale, qui tienne compte à la fois des sentiments, du contexte familial

[... en plus du] bagage héréditaire. Cela a plus de chances de réussite que les méthodes actuelles de traitement, qui peuvent être qualifiées de « tentatives échouées » (y compris la psychanalyse). [...]

Mario Charland
Chicoutimi

LA DIMENSION CACHÉE
UN SERVICE PERSONNALISÉ

Je vous remercie d'avoir répondu avec autant de détails à ma question.

Je dois vous avouer qu'en tant qu'étudiante en physique, des questions-devi-
nettes, je m'en pose ! Et lorsque mes recherches ne portent pas fruit, il est bon de savoir qu'il y a quelqu'un d'enthousiaste prêt à relever le défi.

Continuez à expliquer aux lecteurs de *Québec Science* les lois qui régissent notre univers quotidien et, encore une fois, mille mercis !

Nadine Manset
Pierrefonds

LES EXPO-SCIENCES 1992

UN RENDEZ-VOUS AVEC LA SCIENCE QUI NOUS ENTOURE !

Environnement, technologie, santé... Des milliers de projets scientifiques préparés par des jeunes de 12 à 20 ans seront présentés aux quatre coins du Québec durant la saison 1992 des expo-sciences. Les jeunes sont d'excellents vulgarisateurs scientifiques, et il n'est pas rare qu'ils réussissent mieux que bien des scientifiques plus expérimentés à faire comprendre aux visiteurs des phénomènes qui les entourent.

ABITIBI-TÉMISCAMINGUE

Expo-sciences de l'Abitibi-Témiscamingue	27-28-29 mars	Cégep de l'Abitibi-Témiscamingue 425, boul. du Collège Rouyn-Noranda (Qc) J9X 5E5
--	---------------	---

CÔTE-NORD

Expo-sciences de la Côte-Nord	20-21-22 mars	Polyvalente Manicoutai 40, rue Comeau, Sept-Îles (Qc) G4R 4N2
-------------------------------	---------------	--

EST DU QUÉBEC

Expo-sciences de l'Est du Québec	26 au 29 mars	Collège de la Gaspésie et des Îles 96, rue Jacques-Cartier, Gaspé (Qc) G0C 1R0
----------------------------------	---------------	---

ESTRIE

Expo-sciences de l'Estrie	27-28-29 mars	École secondaire Le Ber 940, rue Sainte-Famille Sherbrooke (Qc) J1E 1V1
---------------------------	---------------	---

LAURENTIDES - LANAUDIÈRE

Expo-sciences Rive-Nord de Montréal	19-20-21 mars	Polyvalente Thérèse-Martin 916, Ladouceur, Joliette (Qc) J6E 3W7
-------------------------------------	---------------	---

MAURICIE

Expo-sciences de la Mauricie	27-28-29 mars	Polyvalente Saint-Léonard 401, rue Germain Saint-Léonard d'Aston (Qc) J0C 1M0
------------------------------	---------------	---

MONTÉRÉGIE

Expo-sciences de la Montérégie	12-13-14 mars	Polyvalente André-Laurendeau 7450, boulevard Cousineau Saint-Hubert (Qc) J3Y 3L4
--------------------------------	---------------	--

MONTREAL

Expo-sciences loisir de Montréal	5-6-7 mars	Collège de Rosemont 6400, 16 ^e Avenue, Montréal (Qc) H1X 2S9
Montreal Regional Science Fair	29-30-31 mars	Collège Marianopolis 3880, Côte-des-Neiges, Montréal (Qc) H3H 1W1
Expo-sciences loisir de Montréal (volet primaire)	3-4-5 mai	Aréna Marcellin-Wilson 11301, boul. de l'Acadie, Montréal (Qc) H3M 2T1

OUTAOUAIS

Expo-sciences de l'Outaouais	3-4-5 avril	Université du Québec à Hull, Pavillon Lucien-Brault 101, Saint-Jean-Bosco, Hull (Qc) J8Y 3G5
------------------------------	-------------	---

QUÉBEC

Expo-sciences des régions de Québec et Chaudière-Appalaches	27-28-29 mars	Campus Notre-Dame-de-Foy 5000, rue Clément-Lockwell Saint-Augustin-de-Desmaurs (Qc) G3A 1B3
--	---------------	---

SAGUENAY - LAC-SAINT-JEAN

Expo-sciences Saguenay-Lac-Saint-Jean	26-27-28 mars	Cité étudiante de Roberval 171, boul. Jeunesse, Roberval (Qc) G8H 2N9
--	---------------	--

EXPO-SCIENCES PANQUÉBÉCOISE	22 au 26 avril	La Pulperie 300, rue Dubuc Chicoutimi (Qc) G7J 4M1
-----------------------------	----------------	--

EXPO-SCIENCES PANCANADIENNE	10 au 17 mai	1545, Kennedy Sudbury (Ont.) P3A 2G1
-----------------------------	--------------	---

HARO SUR L'OZONE

L'ozone n'est pas que bénéfique. Alors qu'il est nécessaire, dans la stratosphère, pour nous protéger des rayons du Soleil, sa trop forte concentration au sol s'ajoute aux problèmes de pollution déjà nombreux.

Par Raymond Lemieux

Montréal, 15 juin 1988. La journée est chaude et humide, et la température favorise la formation d'un fin brouillard, qui crée un halo au-dessus de la ville. C'est le smog, un mélange gazeux qui contient une forte teneur en ozone. Ainsi, quinze fois par année en moyenne, les concentrations d'ozone dépassent la limite acceptable à Montréal, tout comme à Toronto, Sarnia ou Windsor, en Ontario. Pour le Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME), il s'agit là d'un des plus graves problèmes au chapitre de la qualité de l'air.

À l'initiative d'un comité *ad hoc* de scientifiques et de fonctionnaires des ministères de l'Environnement, une centaine de personnes ont consacré une journée à étudier la question de la pollution par l'ozone, en novembre dernier, à Montréal. Conclusion : les mesures antipollution prises ces dernières années n'ont pu contre-carrer le problème. « La majeure partie des polluants de l'air ont fait l'objet de contrôles serrés et, depuis dix ans, leurs concentrations ont tendance à diminuer dans la basse atmosphère. Ce n'est toutefois pas le cas de l'ozone », affirme Claude Gagnon, chimiste au Service de l'environnement de la Communauté urbaine de Montréal.

L'Organisation mondiale de la santé a fixé des normes, qui ont été



A. Carner / Photopix

inscrites dans les réglementations municipales et provinciale. Un individu ne devrait pas s'exposer plus d'une heure à un air dont la teneur en ozone dépasse 160 mgm³ (milligrammes par mètre cube). Sur une journée, la norme acceptable est de 50 mgm³. Le 15 juin 1988, à Montréal, on avait enregistré des niveaux oscillant entre 200 et 220 mgm³, pendant plus de 24 heures. Sérieux et inquiétant.

UN ATOME EN TROP

Selon le ministère de l'Environnement du Canada, le corridor Québec-Windsor, le sud des provinces de l'Atlantique, et la vallée inférieure du fleuve Fraser,

en Colombie-Britannique sont les secteurs les plus touchés par les dépassements des normes sur l'ozone. En grande partie causée par le transport automobile, cette pollution résulte aussi du déplacement de polluants en provenance du nord des États-Unis. Une migration qui suit la trajectoire des systèmes anticycloniques estivaux, au sud des Grands Lacs inférieurs.

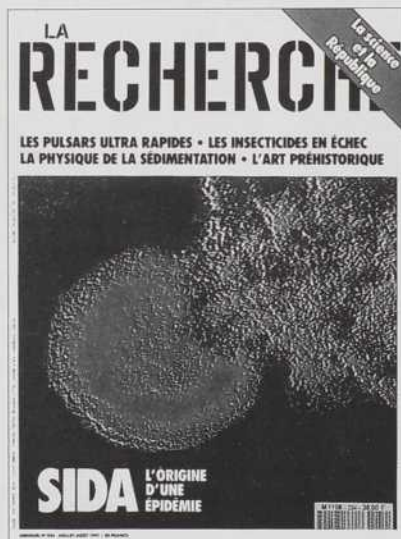
Qu'on ne s'y trompe pas : si les scientifiques mesurent une diminution de l'ozone dans la stratosphère (entre 6 et 17 kilomètres d'altitude), au point de photographier des « trous » au-dessus de l'Antarctique, les molécules d'ozone formées dans la troposphère, autour de

nous, ne migrent pas vers la haute atmosphère pour compenser les pertes qu'on y enregistre. Ce sont là deux problèmes écologiques distincts.

L'ozone (O₃) « au sol » provient de la réaction des oxydes d'azote (NO_x) ou des composés organiques volatiles (COV) aux radiations solaires. Libérés par la combustion de matières fossiles, comme l'essence, le carburant diesel, le mazout, le gaz naturel, le charbon, ou par l'évaporation de carburants et de liquides de solvants, les NO_x et les COV exposés à la lumière solaire perdent un atome d'oxygène, qui ira se greffer à d'autres molécules d'oxygène pour former l'O₃.



**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 un numéro spécial) à LA RECHERCHE au tarif de 49,00 \$ (+ 7% TPS = 52,43 \$) seulement, au lieu de 83,26 \$ (prix de vente au numéro avec taxes).

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.

Une pollution urbaine ? Pas tout à fait. En fait, les plus hauts taux d'ozone sont enregistrés en dehors des centres-villes et dans les zones agricoles, selon ce que nous apprennent les échantillonnages de la Communauté urbaine de Montréal et du ministère de l'Environnement du Québec. L'explication tient de la chimie. Si, sous l'effet de la lumière solaire, les oxydes d'azote sont enclins à perdre un atome d'oxygène qui ira s'associer avec les molécules d'oxygène ambiant, on observe dans le centre-ville, où sont aussi rejetées d'importantes quantités d'oxyde nitrique (un complexe NO), un processus inverse et concomitant : l'ozone formé a aussitôt tendance à réagir avec l'oxyde nitrique rejeté par les véhicules à moteur, pour former du bioxyde d'azote (NO₂). Là où les taux d'ozone sont bas, les taux de NO₂ sont élevés, et inversement.

Pierre Lajoie, médecin au Centre hospitalier de l'Université Laval, à Sainte-Foy, s'intéresse à l'impact que cela peut avoir sur la santé humaine. Non sans raison, puisque, au cours des mois d'été, plus de la moitié des Canadiens se trouvent régulièrement exposés à des concentrations supérieures aux normes, a noté le CCME. « L'ozone est un gaz peu soluble, explique le médecin. Il se rend donc loin dans le système respiratoire. Il peut affecter de façon prédominante les bronchioles terminales et les alvéoles dans les poumons. » Oxydant puissant, l'ozone réagit rapidement avec certaines composantes biologiques, comme les enzymes, les protéines et les peptides, ce qui peut notamment provoquer un processus inflammatoire et réduire l'élasticité du poumon.

M. Lajoie a effectué un relevé des admissions dans les services hospitaliers de la région de Québec, pour vérifier si un épisode de pollution par le smog était suivi d'une augmentation du nombre de visites pour des problèmes respiratoires. Quatre fois pendant l'étude la norme de 160 mgm³/heure a été atteinte, mais non dépassée, dans la région de Québec, en 1990 et 1991. Aucune augmentation notable d'admissions n'a pour autant été remar-

quée, dans les huit grands hôpitaux, à la suite de ces épisodes de pollution. Mais le doute persiste. « Sans pouvoir établir un lien causal, soutient le médecin, les professionnels de la santé ont déjà constaté que la dernière décennie a été marquée par une augmentation des cas d'asthme dans les pays industrialisés. Et cela coïncide avec une augmentation généralisée du taux d'ozone dans l'air. Une étude épidémiologique après des épisodes de pollution plus importants, comme ce que l'on a connu en 1988, aurait pu révéler d'autres résultats. »

« ELLES SONT JAUNES, MES LAITUES ! »

Si on soupçonne que ce smog a des effets nocifs sur la santé humaine, il cause en tout cas d'importants dommages aux cultures et à la végétation, selon Bruno Maltais, biologiste responsable du dossier au ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ). Invité au Colloque sur les précipitations acides et sur la pollution par l'ozone, en novembre dernier, il a présenté ses photographies de plants de tabacs, de soya, de tubercules, de maïs, de légumineuses. Des plants atrophiés, au feuillage jauni. Autant de pièces à conviction. Responsable : l'ozone.

« Sur le plan agricole, l'impact de la pollution par l'ozone est plus grave que celui des pluies acides dans le dossier du dépérissement des érables, dit le biologiste. En fait, 95 % des dommages causés à la végétation par les polluants sont attribuables à l'ozone. » En Ontario, ces dommages sont évalués à 70 millions de dollars par année. Des expériences récentes réalisées en Europe indiquent qu'au rythme actuel l'augmentation de l'ozone dans la basse atmosphère devrait entraîner, d'ici une demi-siècle, une diminution de 30 % des rendements agricoles.

C'est le pouvoir oxydant de l'ozone qui contribue à perturber le métabolisme des plantes. Il nuit au processus de photosynthèse et, conséquemment, au développement racinaire ainsi qu'à la croissance des végétaux.



Bruno Maltais / MAPAQ

La pollution par l'ozone n'est pas seulement urbaine. En milieu agricole, la végétation est affectée par le pouvoir oxydant de l'ozone. Résultat : des plants atrophiés, au feuillage jauni, comme ce plant de tabac.

Bien que l'impact néfaste de ce gaz soit connu des agronomes depuis les années 40, on ne s'était jamais penché sur le problème au Québec avant 1986. Cette année-là, les fonctionnaires du MAPAQ ont visité 10 % des champs de la région montréalaise. « On n'a pas pu établir les pertes de rendement occasionnées par l'ozone, mais on a bel et bien constaté des dommages importants », signale Bruno Maltais. Par la suite, le Ministère décidait de mettre en place un réseau de surveillance qui, depuis le printemps 1991, mesure assidûment les variations du taux d'ozone. Les premiers résultats devraient être connus bientôt.

SORTIR DU BROUILLARD

Environnement Canada a réservé 30 millions de dollars dans le cadre de son plan vert, pour élaborer de nouveaux règlements antipollution d'ici à 1997 et pour alimenter des programmes de recherches visant à mettre au

point des techniques de combustion plus propres. L'initiative s'intègre au plan de gestion élaboré par le CCME en 1988 et visant la réduction des émanations d'oxydes d'azote et de COV qui causent le smog.

C'est le Comité directeur fédéral-provincial sur le transport à distance des polluants atmosphériques – le même qui a eu à mener le dossier des pluies acides – qui a reçu le mandat de préparer ce plan. Objectif : mettre en application de meilleures technologies qui contribuent à réduire à la source les émanations de gaz à l'origine de l'ozone. On entend en outre améliorer l'action des

pots catalytiques sur les véhicules à moteur et mettre en place des systèmes de récupération des vapeurs d'essence dans les stations-service.

Dans la même foulée, le Canada a signé, en novembre dernier, à Genève en Suisse, en même temps que les États-Unis et la plupart des pays européens, un protocole international l'engageant à réduire de 30 % les émissions de NO_x et de COV, d'ici à 1999, afin de diminuer la pollution par l'ozone. Un vœu pieux ? Peut-être bien. Selon Claude Gagnon de la Communauté urbaine de Montréal, « on peut difficilement avancer qu'une réduction de 60 % des oxydes d'azote, par exemple, entraînera nécessairement une diminution des concentrations d'ozone. La corrélation n'est pas encore clairement établie. En somme, c'est peut-être le processus de pollution urbaine le plus complexe auquel on ait eu à s'attaquer. »

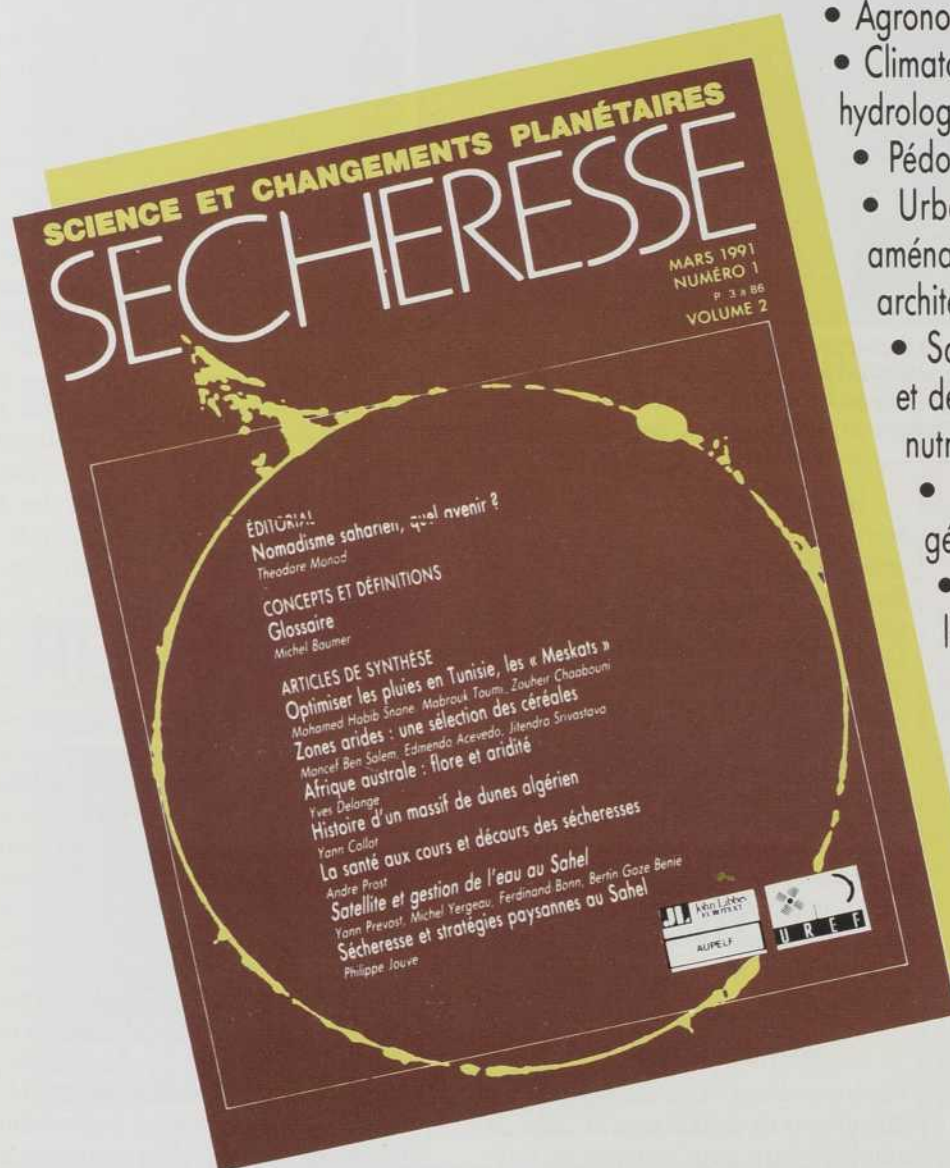
UNE MAÎTRISE EN ÉTHIQUE

L'Université de Montréal vient de créer un programme d'études supérieures spécialisées en bioéthique, destiné principalement aux professionnels de la santé. Le professeur Guy Durand, de la Faculté de théologie, en est le responsable. « À Chicago, dit M. Durand, un tel programme relève de la médecine ; ailleurs, de la philosophie. Ici, on a jugé qu'aucune faculté ne devait avoir la priorité. Des cours seront donnés par les facultés de médecine, sciences infirmières, droit, théologie, sciences de l'éducation et par le Département de philosophie. »

Agence Science-Press

GL BALEMENT

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

Veuillez 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

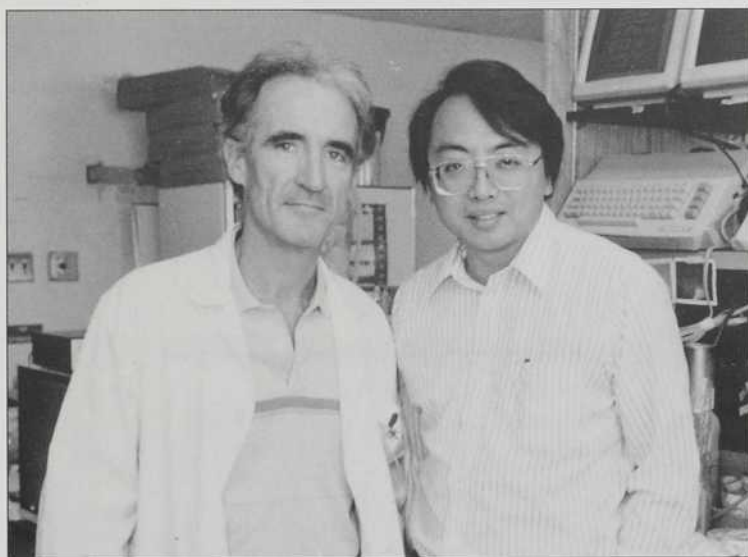
Retournez ce bulletin à : John Libbey Eurotext - AUPELF/UREF, Monsieur Bertrand PIREL - BP 400, succursale Côte des Neiges, Montréal - Québec - CANADA - H3S 2S7

La fibrose kystique : VERS UNE THÉRAPIE GÉNÉNIQUE

C'est peut-être grâce à un virus, qu'on vaincra la fibrose kystique. Des chercheurs américains et français ont en effet utilisé ce type de micro-organisme comme « seringue » pour insérer, dans les cellules pulmonaires d'un animal vivant, le gène humain dont l'altération est responsable de cette maladie génétique.

Succès impressionnant : pendant au moins deux semaines, l'animal ainsi traité s'est mis à fabriquer la protéine dont la déformation provoque cette forme de fibrose pulmonaire.

Cette maladie génétique réduit à 25 ans l'espérance de vie d'environ un enfant sur 1 500. Elle affecte toutes les cellules exocrines, soit celles qui sécrètent du mucus, de la sueur, de la salive... Mais c'est surtout au niveau des alvéoles du poumon que l'effet est dévastateur. L'enfant sécrète un mucus épais et visqueux, qui nuit à la respiration et favorise les infections. Peu à peu, les tissus pulmonaires se durcissent. Il s'y forme des kystes. L'organe s'engorge au point de ne plus pouvoir remplir ses fonctions. Notons que la maladie affecte aussi d'autres muqueuses, dont celles de l'estomac où l'excès de mucus nuit à l'action de certaines enzymes, ce qui peut causer de graves carences nutritionnelles.



Les docteurs Jack Riordan et Lap-Chee Tsui, de l'Hôpital pour enfants malades de Toronto, annonçaient en 1989 l'identification du gène dont l'altération est responsable de la fibrose kystique.

LA PISTE DU GÈNE

À l'été 1989, les chercheurs torontois Tsui et Riordan avaient annoncé l'identification du gène défectueux, mettant fin à une véritable course internationale avec des laboratoires américains et anglais. Le 25 août, une patiente du Dr Tsui, une fillette de huit ans, avait lancé aux journalistes présents à la conférence de presse : « C'est aujourd'hui le plus beau jour de ma vie ! » Mais le chercheur sino-canadien s'était empressé de nuancer : « Entre la découverte d'un gène et la mise au point d'un traitement, il peut s'écouler des années. »

À peine un an plus tard, on annonçait avoir introduit pour la première fois une version normale de ce gène (baptisé CFTR) à l'intérieur de cellules pulmonaires cultivées en laboratoire. Puis une équipe des National Institutes of Health de Bethesda, dirigée par Ronald Crystal, annonçait, dans l'édition du 10 janvier dernier de la revue *Cell*, la réussite de la première implantation dans les poumons d'un animal vivant, en collaboration avec des chercheurs français cette fois.

Les chercheurs ont d'abord implanté le gène à l'intérieur d'adénovirus, des virus qui s'attaquent aux cellules des poumons. Modifiés afin qu'ils ne se reproduisent pas, les virus ont été répandus dans les poumons d'un rat. Ils ont alors pénétré les cellules pulmonaires, transportant avec eux le gène humain. Au cours des semaines qui ont suivi, les chercheurs ont pu noter la production par l'animal de la protéine humaine normale.

Lou Scaglione / The Hospital for Sick Children in Toronto

Seulement trois « bases » distinguent le gène normal (CFTR) du gène de la fibrose kystique. Mais cette différence minime suffit à entraîner la fabrication d'une protéine irrégulière, qui remplit alors très mal son rôle de transporteur d'ions et de liquides à travers les membranes des cellules exocrines. D'où l'accumulation excessive du mucus.

L'ÉMERGENCE DES THÉRAPIES GÉNIQUES

Cette nouvelle thérapie génique sera peut-être testée sur des humains dès cette année, si les autorisations demandées par les équipes de recherche sont accordées. L'efficacité réelle et la sécurité du traitement seront alors vérifiées. Si les résultats sont concluants, il n'aura fallu que trois ans pour passer de la découverte du gène au développement d'une thérapie génique, un délai bien plus court que ce qu'espérait le Dr Tsui. C'est qu'entre temps le domaine des thérapies géniques a connu un progrès fulgurant.

Certes, cela fait maintenant vingt ans qu'on parle de la possibilité de guérir les maladies génétiques en redonnant au patient une version fonctionnelle d'un gène défectueux. Mais ce n'est que depuis deux ans que le procédé est devenue fonctionnelle.

Au départ, les chercheurs ne visaient que les maladies causées par le défaut d'un seul gène (c'est le cas de la fibrose kystique, du reste), et uniquement dans les organes qui pouvaient être rejoints par un vecteur agissant, susceptible de porter le gène en cause. Les premiers vecteurs auxquels on s'est intéressé furent les cellules mères du sang, au sein de la moelle osseuse. Ces cellules peuvent en effet se reproduire en continu et se diffuser partout dans l'organisme.

On a donc cherché d'abord à insérer des gènes fonctionnels à l'intérieur de cellules de moelle osseuse cultivées *in vitro*, qu'on réimplantait ensuite en espérant qu'elles se reproduisent à des milliards d'exemplaires et fassent à l'intérieur du corps le travail souhaité.

Une première expérience en ce sens fut tentée dès 1981 par le Dr Martin Cline, de l'Université de Californie à Los Angeles, sur deux fillettes atteintes d'anémie falciforme. L'expérience, non

autorisée d'ailleurs, valut à ce « pionnier » de se voir retirer, pendant un an, son droit de soumettre toute demande de subvention dans le cadre des programmes administrés par les National Institutes of Health américains.

Depuis cette époque, on s'est aperçu que les cellules de moelle osseuse étaient passablement difficiles à isoler et à manipuler. Les chercheurs se sont alors tournés vers les lymphocytes. Fin 1989, une équipe du Dr Steven A. Rosenberg (celui-là même qui a traité le premier ministre Bourassa !) a procédé à la première expérience de génie génétique, autorisée cette fois, sur des tumeurs de patients atteints d'un mélanome rendu au dernier stade.

Le gène de la fibrose kystique étant identifié, on pourrait passer au développement d'une thérapie génique dès 1992.

Un an plus tard, la même équipe a tenté une vraie thérapie génétique, c'est-à-dire la « correction » d'un défaut dans le patrimoine génétique d'un enfant. Il s'agissait d'une fillette affectée d'une déficience en adénosine déaminase, à qui on a transfusé des lymphocytes porteurs du gène. Aujourd'hui, la fillette se porte bien et elle représente la preuve vivante de l'efficacité de ce genre de thérapie pour les maladies provenant de l'altération d'un seul gène.

UN ARSENAL QUI S'ENRICHIT

Deux ans après cette première réussite, le nombre de tissus qu'on a appris à faire croître *in vitro* a augmenté de manière beaucoup plus rapide que ce à quoi on s'attendait. En plus des lymphocytes, les médecins ont maintenant à leur disposition plusieurs cellules susceptibles de servir de véhicules à un gène, au cœur de l'organisme : cellules épithéliales (la peau, notamment, dont on pourrait utiliser des greffons porteurs de gènes ajoutés), cellules endothéliales, myoblastes, etc.

Mais les progrès les plus spectaculaires sont venus de la manipulation de virus ou de la création de protéines synthétiques, capables les uns et les autres de porter *in vivo*, directement dans l'organe cible, le ou les gènes à implanter.

C'est cette technique qui a été mise à l'essai sur le rat, dans le cas du gène CFTR. Mais rien n'empêche, en principe, de coupler éventuellement plusieurs vecteurs et de s'attaquer même aux maladies liées à la déficience simultanée de plusieurs gènes.

Certes, les problèmes éthiques subsistent. Tôt ou tard, un vecteur rétroviral contaminera le message génétique d'un malade et causera un cancer dans le tissu visé. Doit-on, à cause de ce risque, mettre une sourdine sur les thérapies géniques ou mesurer simplement les bénéfices et les risques, comme dans le cas de tout autre traitement ? Jusqu'ici, les comités d'éthique américains ou européens ont entrouvert la porte, en réclamant toutefois qu'on ne touche pas au bagage génétique transmissible de l'espèce. On autorise donc le traitement de cellules somatiques (dans les différents organes du corps), mais on interdit le traitement des cellules germinales (celles qui entrent dans la reproduction et dont les caractéristiques sont transmises). Mais comment s'assurer, quand on joue avec les gènes *in vivo*, que cette barrière ne sera pas franchie par accident ?

Et, surtout, comment résister à ceux qui affirment qu'il serait plus économe de traiter une fois pour toutes la lignée porteuse d'un gène déficient, plutôt que de traiter un par un tous ses descendants ?

La poursuite de ce débat éthique n'empêche pas les essais cliniques de se multiplier. La revue *Nature* rapportait en janvier dernier qu'aux États-Unis seulement, six essais d'implantation de gènes sur des patients humains étaient en cours. Cinq autres études sont présentement effectuées, dont certaines portent sur des maladies mettant en cause plus d'un gène. Enfin, sept protocoles devraient être approuvés dans les premiers mois de 1992, incluant le cas de la fibrose kystique.

Recherche : Étienne Denis et Marc Bourgault

Sur la scène scientifique canadienne, un nouveau-venu plein ... d'énergie!

Place au Laboratoire de recherche en diversification énergétique

Au seuil de l'an 2000, la maîtrise de l'énergie est l'un des défis les plus stimulants auxquels aient jamais été confrontées les sociétés industrialisées. Partout à travers le monde, des commandos de scientifiques aguerris ont été parachutés sur le terrain de la recherche. Leur mission : explorer les nouvelles avenues offertes par la technologie de l'efficacité énergétique et des énergies de remplacement.

Dans cette vaste croisade technologique, le Canada n'est pas en reste. Le gouvernement fédéral, depuis plus de dix ans, subventionne de nombreux projets de recherche et de développement dans ce domaine. Jusqu'à présent, toutefois, les travaux de recherche en diversification énergétique étaient tous effectués à l'extérieur parce qu'il n'existait pas de laboratoire fédéral à cet effet. Ce n'est plus le cas. Ici même, au Québec, dans la municipalité de Varennes, une étape décisive dans l'histoire de la recherche scientifique canadienne en matière d'énergie aura été franchie en septembre 1991 à l'occasion de la mise en chantier du plus récent des centres de recherche CANMET, le **Laboratoire de recherche en diversification énergétique (LRDE)**.

Créé en 1988 grâce à des fonds provenant du Programme de recherche et de développement énergétiques, le LRDE se rattache au Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET), le principal organisme de recherche et développement technologique d'Énergie, Mines et Ressources Canada, et fait partie de la direction de la Technologie de l'efficacité énergétique et des énergies de remplacement (DTEER). Le LRDE a été mis sur pied afin d'élargir le champ de recherches scientifiques effectuées à CANMET dans le domaine énergétique et de favoriser l'éclosion de nouvelles technologies.

«Le LRDE est appelé à devenir le centre par excellence de la recherche sur la technologie de l'efficacité énergétique et des énergies de remplacement au Canada,» prophétise M. Stelios Pnevmaticos, directeur du LRDE. D'ici l'automne 1992, tous les moyens auront effectivement été mis en oeuvre pour donner aux chercheurs les outils et le cadre nécessaires à l'avancement de leurs travaux. En effet, l'équipe de recherche qui comptera alors 40 employés à temps plein ainsi que 10 chercheurs industriels et universitaires, disposera d'équipements hautement sophistiqués, répartis sur plus de 2 700 mètres carrés de laboratoire. Déjà, on estime que le coût des installations se chiffrera à environ 9 millions de dollars.

Dédié à la recherche appliquée dans les domaines des énergies renouvelables et de

l'efficacité énergétique, le LRDE est appelé à répondre aux préoccupations de l'heure en matière d'énergie et d'environnement.

UNE VENUE ATTENDUE

Attendue depuis plusieurs années, l'arrivée du LRDE dans le paysage scientifique canadien suscite beaucoup d'enthousiasme, tout particulièrement dans la communauté industrielle. Comme le souligne M. Kebir Ratnani, directeur du Groupe DATECH, «la venue du LRDE consolide les efforts de l'industrie pour créer un noyau de chercheurs dédiés à la fois à la recherche appliquée et à la recherche fondamentale».

Du côté institutionnel, la venue du LRDE ouvre là aussi de nouveaux horizons. «Les services offerts par le nouveau laboratoire nous permettront de mettre en branle divers projets touchant à l'exploitation des parcs,» déclare M. Terry Arnet, chef de division des services professionnels à Parcs Canada. «Ces projets sont d'un très grand intérêt pour nous, tout particulièrement ceux qui pourraient être réalisés dans les Territoires du Nord-Ouest où les coûts énergétiques sont importants.»

Dans le secteur de la recherche, on se félicite tout autant de l'arrivée du LRDE sur l'échiquier scientifique. «La complémentarité du nouveau Laboratoire par rapport aux autres centres de recherche existants permet d'envisager la mise en oeuvre de projets conjoints,» de commenter M. Louis Monier, directeur du Laboratoire des technologies électrochimiques et des électrotechnologies (LTEE) de Hydro-Québec, un centre de recherche spécialisé dans le développement de procédés industriels et de systèmes résidentiels et commerciaux.

D'ABORD, ORIENTER LA RECHERCHE

Les installations permanentes ne devant être terminées qu'à l'automne 1992, on peut se demander comment entre-temps peut fonctionner un laboratoire... sans laboratoire! Eh bien on peut répondre que ça fonctionne et rondement. En attendant la fin des travaux, le personnel du Laboratoire s'est regroupé dans des installations de fortune louées dans le centre-ville de Varennes. Et même si les locaux temporaires limitent un peu le champ de manoeuvre des chercheurs, cela n'empêche pas le Laboratoire de littéralement bourdonner d'activité. Déjà, plusieurs contrats de recherche ont été octroyés à différents organismes partout au Canada. Quelques projets internes de recherche ont même été mis en branle, ceux-ci ayant cours dans des locaux mis à la disposition du LRDE

par des entreprises ou des institutions qui participent aux programmes de recherche à titre de partenaires.

Mais l'une des tâches les plus importantes auxquelles se livre présentement l'équipe du Laboratoire, c'est l'élaboration des programmes de recherche - une étape cruciale s'il en est une, puisqu'elle permet de délimiter et de préciser les activités auxquelles se livreront les chercheurs au cours des prochaines années.

À ce stade-ci, le mot-clé est «consultation». Pas question de travailler en vase clos! En effet, comme l'explique M. Gilles Jean, directeur adjoint du LRDE, «en collaboration avec l'industrie et avec d'autres paliers de gouvernement, nous visons à identifier concrètement quels sont les besoins nationaux en recherche et développement». La priorité est accordée aux projets à frais partagés dans des domaines qui permettent d'espérer une diminution des émissions de gaz à effet de serre. Autre critère majeur : on se concentre sur les techniques/énergétiques qui peuvent être commercialisées à court et à moyen terme.

Enfin, le secteur privé est régulièrement sollicité pour participer activement aux activités du laboratoire. Des rapprochements ont eu lieu entre autres avec des clients et partenaires importants, notamment Hydro-Québec, Hydro-Ontario, l'Association Canadienne du Gaz, Gaz Métropolitain, Ballard Power Systems et Parcs Canada.

LES PROGRAMMES DE RECHERCHE

La recherche énergétique couvre un vaste domaine. Aussi, pour plus d'efficacité, le Laboratoire a-t-il circonscrit ses activités à trois principaux créneaux : **les techniques de gestion de la chaleur** (thermopompe, stockage, transport d'énergie), **les énergies renouvelables et systèmes hybrides** (énergie photovoltaïque) et **l'utilisation du gaz naturel** (stockage, conversion, combustion).

Chacun de ces créneaux ouvre la porte à une vaste gamme d'activités. Prenons par exemple **les techniques de gestion de la chaleur**. Dans ce domaine, la recherche s'articule autour de trois principaux pôles : l'efficacité énergétique, la valorisation de l'énergie et le stockage thermique.

«La recherche sur la valorisation de l'énergie porte en particulier sur la technologie de pointe comme les pompes à chaleur (PAC) qui peuvent utiliser une source de chaleur à faible enthalpie pour produire un travail,» explique M. Blaise Labrecque, agent de recherche. «Parmi les projets envisagés, le LRDE s'intéresse tout

particulièrement au développement de PAC à absorption qui seront appliquées au chauffage et à la climatisation des bâtiments, à la réfrigération et à divers procédés industriels. En ce qui a trait au stockage thermique, le LRDE se penchera principalement sur la technologie physico-chimique et les modes d'emménagement souterrain qui permettent une importante réduction des pointes de la demande d'énergie thermique ainsi qu'une meilleure utilisation de sources énergétiques intermittentes. Enfin, les études en efficacité énergétique compléteront les deux autres champs puisqu'elles conduiront à l'intégration de ces nouvelles technologies et à l'optimisation des systèmes énergétiques.»

Un autre créneau des plus prometteurs est celui des **énergies renouvelables et systèmes hybrides**. Dans ce secteur, le LRDE mise tout particulièrement sur les systèmes photovoltaïques qui convertissent directement la lumière solaire en électricité. Faibles et non polluants, ces systèmes offrent des possibilités de commercialisation à court et à long terme. Comme l'explique M. Jimmy Royer, ingénieur de projet et coordinateur de programme, «la photovoltaïque est déjà économique aujourd'hui dans les régions éloignées, là où les coûts en énergie sont très élevés. Le Canada est d'ailleurs un précurseur dans le domaine du développement des systèmes hybrides photovoltaïque/diesel utilisés dans les régions éloignées».

Poursuivant dans cette lancée, le LRDE a donc mis en branle plusieurs projets touchant à la photovoltaïque. Ainsi, le futur laboratoire abritera entre autres un système d'une capacité de 100 kWp qui comprendra plusieurs configurations, dont certaines unités hybrides de type photovoltaïque/diesel. Ce système sera le plus gros au Canada et servira de pivot à l'échelle nationale pour la recherche sur la photovoltaïque.

Un troisième créneau de recherche dont on attend beaucoup est **l'utilisation du gaz naturel**. Réputé propre et abondant (les réserves canadiennes équivalent à trente fois notre consommation annuelle), le gaz naturel est un carburant peu utilisé. Ses principaux handicaps : les difficultés associées à son transport et à son stockage. Aussi le programme d'utilisation du gaz naturel du LRDE vise-t-il à développer des technologies qui permettent d'améliorer l'efficacité ou de faire la promotion de nouveaux usages du gaz naturel.

«Les efforts de recherche et de développement en matière de gaz naturel portent surtout sur le stockage, le contrôle des émissions et la conversion en carburants liquides en faisant appel à des méthodes électrochimiques et à des plasmas,» souligne M. Jean Paquette, chef de groupe du secteur Technologie du gaz naturel. La recherche en ce domaine s'annonce particulièrement féconde. Déjà, le LRDE et le Centre de technologie gazière de Gaz Métropolitain ont mis sur pied un projet de stockage du gaz naturel qui pourrait engendrer des résultats des plus intéressants.

VERS UNE NOUVELLE ÈRE ÉNERGÉTIQUE

L'objectif ultime de toutes ces activités, c'est naturellement le transfert technologique vers l'industrie. Aussi, en plus de sa vocation de recherche, le LRDE s'est-il vu confier un rôle d'agent d'information. Pour s'acquitter de ce mandat, le LRDE contribue à la gestion de la participation canadienne du programme de transfert technologique (CADDET) de l'Agence internationale de l'énergie (AIE). Véritable courroie de transmission entre la communauté scientifique et l'industrie, le Laboratoire s'applique à faire connaître au secteur industriel, au moyen de divers outils de communication, les percées technologiques les plus récentes enregistrées dans le champ de la technologie énergétique.

À l'heure actuelle, il est trop tôt pour dresser un bilan. Mais d'ores et déjà, il apparaît certain que le LRDE jouera un rôle de tout premier plan sur la scène de la recherche énergétique au Canada. Avec pour voisins quelques-uns des centres de recherche les plus prestigieux au Québec (dont l'INRS, l'IREQ et le Centre de technologie gazière de Gaz Métropolitain), le LRDE contribuera à créer un important bassin de chercheurs dans la région montréalaise. Et de la synergie de tous ces talents et efforts pourraient jaillir la source d'un avenir énergétique meilleur. Un avenir où l'énergie, à défaut d'être maîtrisée, serait apprivoisée. Et l'environnement, respecté.



CADDET : CARREFOUR DU SAVOIR-FAIRE.



**Il est possible d'améliorer
sa compétitivité sans consacrer
énormément d'énergie
à cette tâche.**

CADDET est le plus grand centre mondial
d'échange d'information sur les
techniques d'économie d'énergie éprouvées.

Peu importe votre spécialité, CADDET peut vous faire connaître
des moyens de rationaliser et de rentabiliser
votre consommation d'énergie, et ainsi vous permettre
d'obtenir de meilleurs résultats.

Nous sommes à votre service.

Laboratoire de recherche en diversification énergétique
CANMET, 2082, boulevard Marie-Victorin, bureau 210
Varenes (Québec) J3X 1R3

Montréal

Téléphone : (514) 652-6372
Télécopieur : (514) 652-5177

Ottawa

Téléphone : (613) 996-6220
Télécopieur : (613) 996-9416



Energie, Mines et
Ressources Canada
L'hon. Jake Epp,
Ministre

Energy, Mines and
Resources Canada
Hon. Jake Epp,
Minister

Canada

L'ÉNERGIE DE NOS RESSOURCES

NOTRE FORCE CRÉATRICE

NOUVEAU TEST POUR LE SYNDROME DE L'X FRAGILE

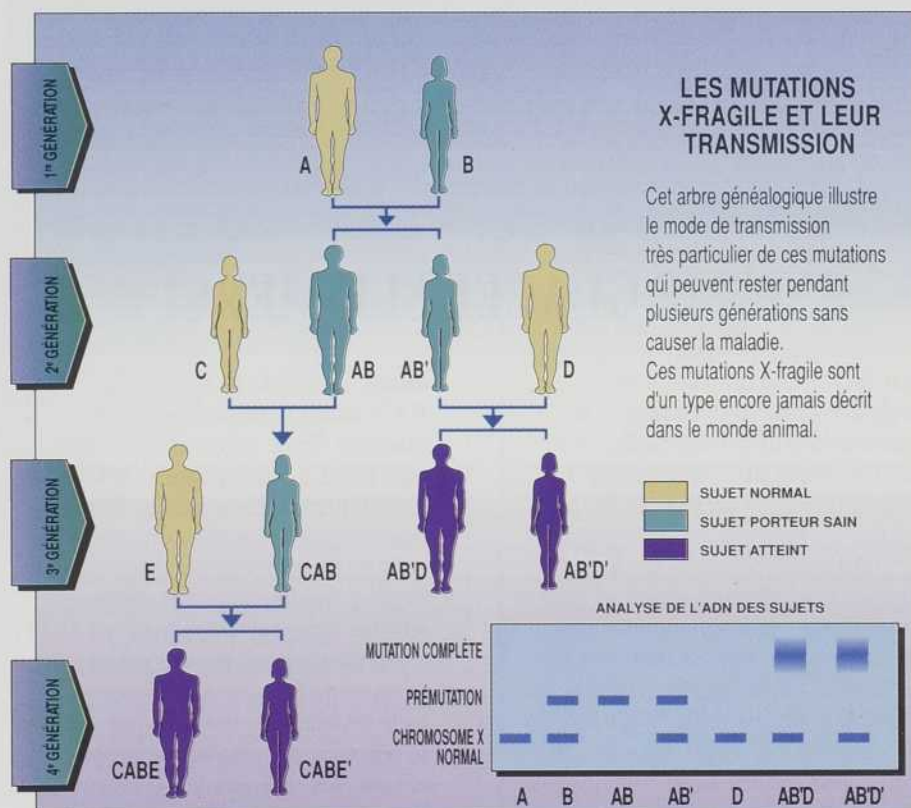
Un test de diagnostic moléculaire, mis au point par le Dr François Rousseau, permet dorénavant d'identifier avec certitude les cas de retard mental attribuables au syndrome de l'X fragile.

Cette maladie est peu connue du public ; il s'agit pourtant de la première cause héréditaire de retard mental. Le syndrome de l'X fragile est tout aussi fréquent que la fibrose kystique et touche plus d'un garçon sur 1 500 et plus d'une fille sur 2 500. Il y aurait donc entre 3 000 et 4 000 personnes atteintes de ce syndrome au Québec et probablement autant de porteurs sains.

Mais son origine génétique n'est connue que depuis 1977. Et s'il existe un test (du même type que celui utilisé pour le diagnostic du mongolisme) pour déceler les mutations sur le chromosome X, ce test n'est cependant pas assez sensible pour dire avec certitude si un enfant à naître va souffrir d'un retard mental.

C'est cette imprécision que vont permettre de changer les travaux du Dr Rousseau. Aujourd'hui rattaché au Centre de recherche de l'Hôpital Saint-François d'Assise de Québec, ce chercheur québécois a effectué à Strasbourg (France), au sein de l'équipe du professeur Jean-Louis Mandel, une série de travaux qui ont mené à l'identification des mutations responsables et à l'élaboration d'un test de diagnostic très fiable.

La maladie tire son nom de la présence d'un site fragile sur le chromosome X, découlant d'une mutation et de l'augmentation en taille d'un segment d'ADN. Dans certains cas on observe, en plus du retard mental, des testicules hypertrophiés et une



proéminence des traits du visage, principalement du front, du menton et des oreilles.

Les hommes sont beaucoup plus souvent touchés, comme dans toutes les maladies liées à ce chromosome, mais jusqu'à 50 % des femmes possédant un X fragile peuvent présenter un retard mental. Les autres sont donc porteuses asymptomatiques. De récentes études auprès de familles montrent que dans tous les cas où le retard mental d'un garçon découlait d'un syndrome de l'X fragile, on retrouvait chez la mère une mutation, totale ou partielle.

Le nouveau test de diagnostic moléculaire peut être utilisé aussi bien après la naissance – pour voir si un retard mental est attribuable au syndrome de l'X fragile et dans

ce cas vérifier s'il existe des porteurs de la mutation dans la famille – que pour une détection précoce en cours de grossesse.

Le Dr Rousseau coordonne actuellement une vaste étude internationale, afin d'évaluer l'utilisation de ce test dans le conseil génétique offert aux familles touchées par la maladie. Car, comme bien souvent en biologie, la mutation n'est pas du type tout ou rien ; des zones grises existent où la mutation peut ne s'exprimer que partiellement, sans entraîner de détérioration intellectuelle. Le test devrait permettre de distinguer les cas où le risque est réel de ceux où une grossesse peut être menée à terme sans crainte. Des résultats préliminaires sont attendus avant l'été.

Suzanne Champoux



NASA

ÉNIGME GLACÉE SUR MERCURE

La découverte d'un couvert de glace polaire sur Mercure, la planète la plus proche du Soleil, à 58 millions de kilomètres de distance, provoque un trouble certain parmi les spécialistes du domaine.

Depuis le début du siècle, on croyait que Mercure serait un endroit agréable à visiter. Bien qu'un peu chaude sur le coup de midi, la face arrière de la planète, toujours cachée du Soleil, promettait d'être l'endroit le plus froid du système solaire. Par contre, on croyait trouver une région de températures modérées à la frontière entre les zones chaude et froide.

Bref, Mercure était sensée bénéficier d'une température semblable à celle de la Terre en certains endroits. Une raison de plus pour croire à cette hypothèse est qu'on avait noté des nuages à la surface !

Jusqu'à la fin des années 60, plusieurs observations ont semblé confirmer que l'atmosphère de Mercure était d'une densité comparable à ce qui existe sur Mars, par exemple.

Ces conceptions ont été complètement bouleversées en 1965. Des échos reçus par télescope radar montraient alors qu'une journée sur Mercure dure l'équivalent de 59 jours terrestres, et non 88 comme on le croyait. Cela signifie que Mercure n'a pas une de ses faces complètement

cachée du Soleil en tout temps.

Il n'y aurait donc pas de calotte glaciaire. Et ce qu'on croyait auparavant être l'« atmosphère » de Mercure s'expliquerait désormais en termes beaucoup plus simples, en tenant compte de cette rotation plus rapide. Cette nouvelle vision fut confirmée par l'expédition *Mariner 10*, en 1974 : l'atmosphère de Mercure est un milliard de fois moins dense que celle de Mars, ce qui rend improbable la présence de températures modérées en certains endroits de la planète. Exit Mercure en tant que lieu paradisiaque !

Alors on comprendra la surprise des spécialistes quand, en novembre dernier, des astronomes utilisant la puissance combinée de l'antenne géante du Jet Propulsion Laboratory (JPL), du Very Large Array (VLA) installé dans le désert du Nouveau-Mexique et de l'observatoire d'Arecibo, de Porto Rico, ont lancé un assaut sans précédent en direction de la face cachée de Mercure pour conclure, finalement, à la présence de calottes polaires.

Quatre mois après cette « bombe » annoncée par les radio-astronomes Martin Slade (JPL) et Duane Muhleman, du California Institute of Technology (Caltech), les spécialistes n'ont pas encore trouvé d'explication concluante à ce phénomène.

(D'après *Nature*)

Pourquoi, en 1974, Mariner 10 n'a-t-elle pas « vu » de calotte glaciaire ? Une hypothèse voudrait qu'elle soit recouverte de débris rocheux comme il y en a tant sur Mercure, donc invisible pour Mariner 10, mais non pour les ondes radio.

LE THERMOMÈTRE MOLÉCULAIRE DES CELLULES

Étudiant la réponse des cellules au choc thermique, deux biologistes du MIT, aux États-Unis, auraient découvert comment les cellules arrivent à détecter les changements de température. John McCarthy et Graham Walker ont trouvé, dans la bactérie *Escherichia coli*, une « protéine de choc thermique » (PTC) capable de détecter les changements de température et de contrôler la réponse de l'organisme.

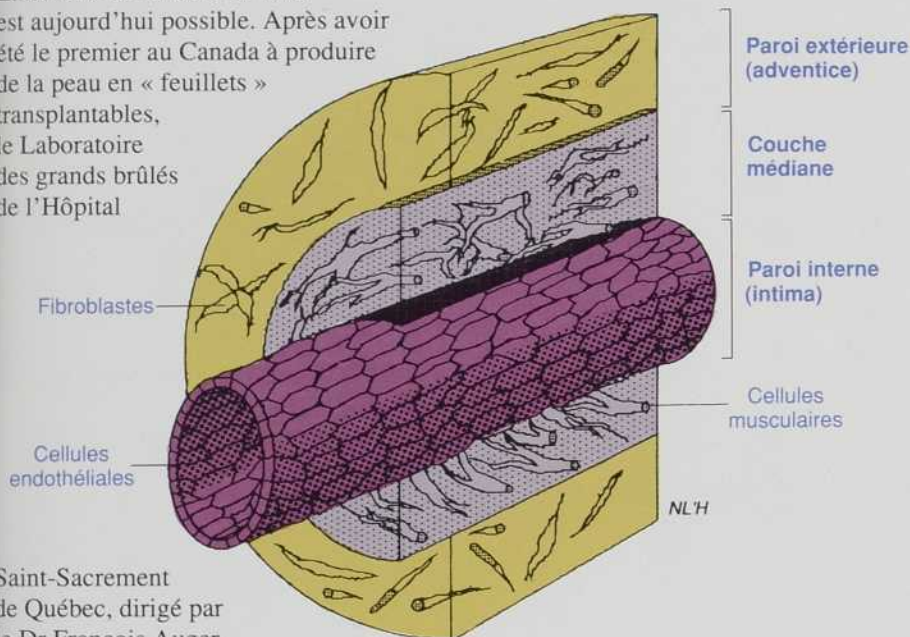
Lorsqu'elles sont soumises à un choc thermique, les cellules se mettent à manufacturer rapidement ces véritables « chaperons moléculaires ». Ceux-ci s'attachent aux autres protéines de la cellule, les aidant à se replier dans la position appropriée. Moins stables à température élevée, les cellules produiraient ces protéines de choc thermique pour compenser leur déséquilibre. On retrouve des PCT dans tous les organismes vivants de la planète, des pôles aux tropiques, ce qui laisse supposer qu'elles ont dû apparaître très tôt dans l'évolution.

Dans *Escherichia coli*, la protéine étudiée par les biologistes du MIT est le PCT 70. Tous les organismes vivants en contiennent. On fait donc l'hypothèse que les plantes et les animaux utilisent cette protéine dans le même but que la bactérie pour détecter la température. Mais on se demande aussi si elle n'a pas un rôle additionnel, par exemple celui de produire des impulsions électriques dans les cellules nerveuses sensibles à la température, chez les animaux supérieurs.

(D'après *New Scientist*)

UNE ARTÈRE CULTIVÉE EN ÉPROUVETTE

La culture des artères *in vitro* est aujourd'hui possible. Après avoir été le premier au Canada à produire de la peau en « feuillets » transplantables, le Laboratoire des grands brûlés de l'Hôpital



Saint-Sacrement de Québec, dirigé par le Dr François Auger, progresse dans la voie de la culture d'organes en laboratoire.

La production d'un segment vasculaire viable se déroule en trois étapes. Il s'agit en premier lieu de former la couche médiane d'une artère, en mélangeant dans une éprouvette des fibres musculaires lisses avec du collagène. Les cellules s'agglutinent autour d'une petite tige de verre qui sert de « support ». Après sept jours de culture, un nouveau mélange, contenant cette fois des fibroblastes et du collagène, est ajouté,

afin de former la paroi extérieure de l'artère (l'adventice). La dernière étape consiste, après avoir retiré le support de verre, à faire circuler dans le segment produit des cellules endothéliales qui s'y fixeront pour former l'intima, ou paroi interne du vaisseau sanguin. Reste maintenant à améliorer la résistance physique de ces artères cultivées en éprouvette, avant d'envisager les premières applications cliniques.

Suzanne Champoux

UN COMPTE-GOUTTES ÉLECTRONIQUE

Ça ne s'est pas fait comme une chanson, mais la mécanique quantique l'avait prévu, et des chercheurs européens l'ont réalisé : grâce à un dispositif de un millionième de millimètre, des électrons peuvent franchir, par « effet tunnel », un sas électrostatique. Ils ne passent qu'un à la fois dans cette « écluse », et pour calmer l'agitation créée,

il faut refroidir le dispositif à un centième de degré kelvin. Outre la mise au point d'un étalon fondamental d'intensité de courant, cette découverte pourrait mener à une informatique « électronique », où chaque bit correspondrait à la présence d'un électron ou à son absence... surtout s'il ne reste pas pris dans la glace !

(D'après *Sciences et Avenir*)

QUÉBEC 2000 Quel développement ?



16 \$

Sous la direction de Yves BÉLANGER et Pierre HAMEL
Collection Études économiques
1992, ISBN 2-7605-0664-9, 238 pages

À l'approche du troisième millénaire, dans un contexte marqué par l'internationalisation de l'économie, la globalisation des marchés et la fin de la guerre froide, toutes les sociétés occidentales doivent revoir leur modèle de développement. Face aux tendances qui semblent déterminer inexorablement le cours des événements, quelle marge de manoeuvre reste-t-il aux États-nations et aux sociétés comme le Québec dont le poids démographique est faible? Comment réconcilier les intérêts contradictoires qui opposent plusieurs groupes quant aux choix fondamentaux que nous devons faire comme société – distincte ou non – que ce soit à l'égard de l'environnement et des priorités d'investissement public par rapport aux secteurs économiques et aux entreprises, aux politiques d'emploi, aux programmes d'aide sociale?

BON DE COMMANDE

Nom _____
Adresse _____
Code postal _____ Tél. () _____
☐ Chèque ☐ Mandat postal ☐ Visa ☐ MasterCard
Date d'exp. _____ N° _____
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

OBJECTIF MARS

Par Guy PAQUIN

**La conclusion s'impose : Mars est une clé importante
dans la compréhension de l'évolution
de notre propre planète, et seule une expédition humaine
pourra répondre de façon satisfaisante
aux questions qu'on se pose sur le décès de cette jumelle de la Terre.**

En 2020, on aura marché sur Mars... du moins, si George Bush et ses successeurs arrivent à trouver les milliards nécessaires à l'entreprise. Le président américain a défini, en juillet 1989, les trois étapes conduisant à la colonisation de la planète Mars : construction et mise en service de la station orbitale *Freedom*, retour permanent sur la Lune, considérée comme un avant-poste, et enfin établissement de terriens sur Mars.

Un tel programme est de nature à galvaniser la nation américaine, qui a bien besoin d'élever le regard vers le ciel pour moins voir sa misère urbaine. Mais au-delà des visées politiques, quels sont les buts scientifiques de l'exploration de la planète rouge ? Valent-ils les quelques dizaines de

milliards de dollars qu'ils ajouteront à la dette américaine ?

« Mars, répond Richard Grieve, planétologue au CNRC, a été victime d'un changement global, qui a coupé net sa route vers l'établissement d'une biosphère semblable à la nôtre. Il est essentiel de comprendre de quoi elle est morte, si nous voulons nous éviter une catastrophe semblable. Ce qui s'est passé il y a environ 750 millions d'années sur Mars, nous devons le comprendre, notre avenir en dépend. »

LA MORT D'UNE JUMELLE

Il y a de 500 millions à un milliard d'années, la Terre et sa jumelle avaient en commun une atmosphère de vapeur d'eau et de gaz carbonique, de l'eau à l'état liquide en abondance à la surface

et une intense activité tectonique et volcanique qui secouait le sol et le sous-sol.

Sur les deux planètes, il arrivait souvent, la nuit, que le gaz carbonique atmosphérique précipite sur la surface et soit ensuite enfoui dans le sol, soit par glissement de terrain, soit par sédimentation ou en étant recouvert d'eau. Perdant ainsi de grandes quantités de CO_2 , l'atmosphère des deux planètes se raréfiait. Mais l'activité volcanique faisait fondre les carbonates enfouis, et les panaches des volcans rendaient à l'atmosphère le CO_2 perdu. Le recyclage des carbonates par volcanisme maintenait une atmosphère épaisse, capable de bloquer certains rayons solaires létaux. Les températures restaient relativement stables et douces. On était au seuil de la vie.

Certains affirment même qu'il y a de fortes chances pour que la vie soit apparue sur Mars. C'est le cas de Robert Haynes, biophysicien à l'Université York, de Toronto, et membre d'un groupe de conseillers spéciaux de la NASA, dont fait partie Carl Sagan, tous ardents défenseurs de l'exploration martienne.

« Nos dinosaures sur Mars ? Bien sûr que non, lance M. Haynes ! Mais quelque chose comme des levures primitives, capables de fermentation, de respiration sans oxygène, pourquoi pas ? Après tout, c'est comme ça que tout a commencé ici. »

Mais alors, que s'est-il passé ? Avant que les micro-organismes dont parle M. Haynes aient pu relâcher dans l'atmosphère martienne assez d'oxygène pour permettre une éventuelle vie aérobie, comme ce fut le cas ici, Mars est morte. L'activité tectonique et volcanique a cessé, le recyclage du CO_2 a été suspendu. Le CO_2 atmosphérique a continué de se condenser à la surface, et l'atmosphère s'est raréfiée.

Par le fait même, l'effet de serre martien fut interrompu. L'eau et le gaz carbonique de surface ont gelé, formant les calottes polaires actuelles. Le reste de l'atmosphère, vulnérable aux rayons solaires, s'est dissipé dans l'espace, la masse de la planète étant insuffisante pour retenir par gravitation une aussi mince couche de gaz.

Les températures moyennes ont chuté, passant de 10°C à -60°C. Les hypothétiques levures de M. Haynes sont mortes gelées et asphyxiées.

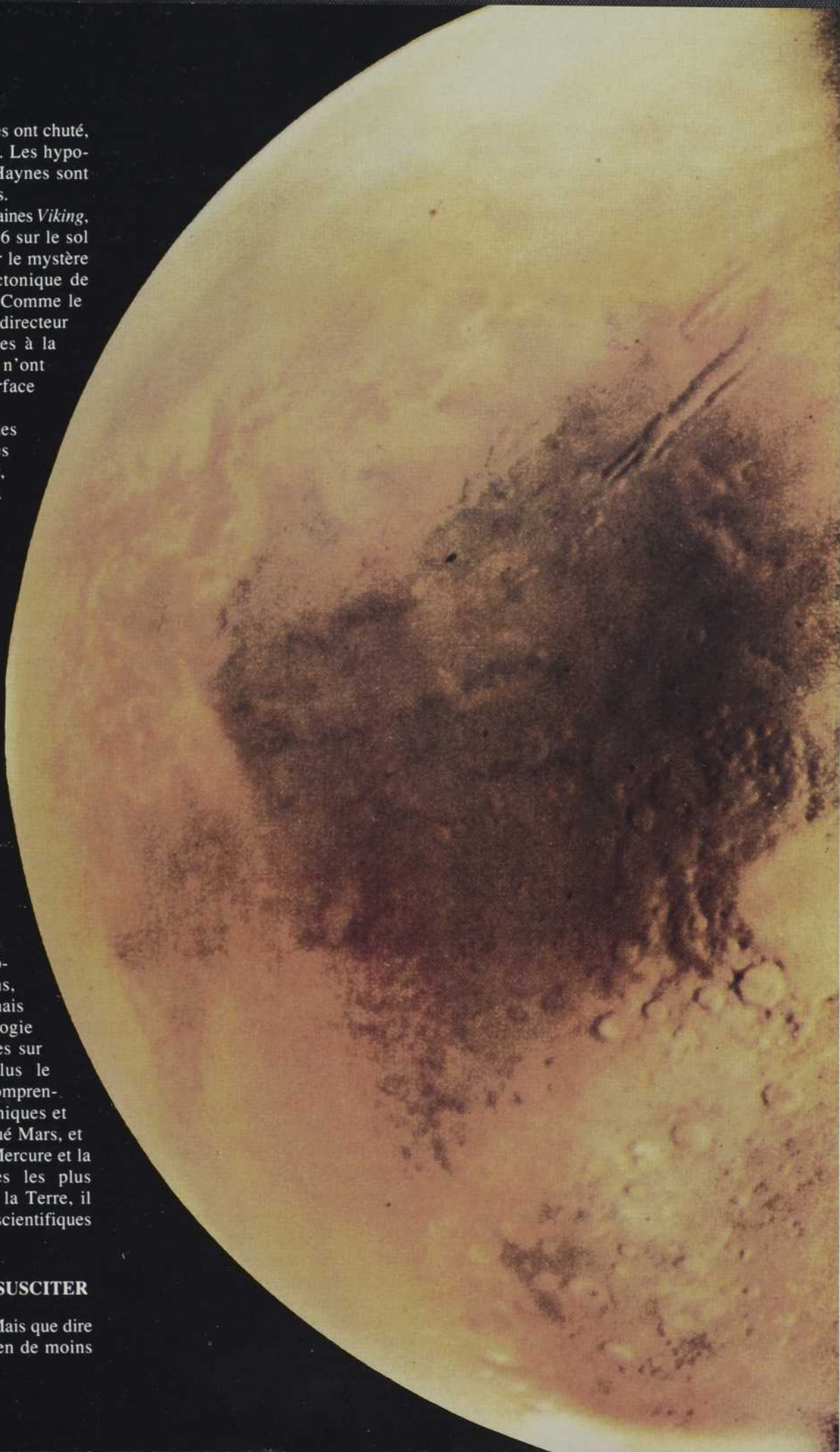
Les deux sondes américaines *Viking*, qui se sont posées en 1976 sur le sol martien, n'ont pu éclaircir le mystère de la fin de l'activité tectonique de Mars, prélude à sa mort. Comme le rappelle Melvin Averner, directeur des recherches biologiques à la NASA, « les deux *Viking* n'ont fait que grattouiller la surface de la planète ».

Quant aux deux sondes soviétiques *Phobos*, elles devaient, au début de 1989, projeter sur les cailloux martiens un puissant jet laser, capable de les vaporiser. La vapeur devait être analysée par les *Phobos* et renseigner les savants sur l'histoire minérale de la planète rouge. Hélas, *Phobos 1* ne s'est jamais rendu et *Phobos 2* a perdu l'usage de la parole deux mois après son arrivée dans le monde hostile du dieu de la guerre.

Richard Grieve tire ses conclusions des échecs des machines russes : « Les robots, les machines et les bidules, en général, ne sont ni très brillants ni très adaptatifs. Envoyer des gens, c'est cher et dangereux, mais la seule vraie bonne géologie se fait avec des géologues sur place. Nous n'avons plus le choix ; si nous voulons comprendre les événements tectoniques et atmosphériques qui ont tué Mars, et sans doute aussi Vénus, Mercure et la Lune, les corps célestes les plus étroitement apparentés à la Terre, il nous faut une colonie de scientifiques là-haut. »

UNE PLANÈTE À RESSUSCITER

Coloniser, passe encore. Mais que dire de ceux qui proposent rien de moins



que de « terraformer » Mars, d'en faire une deuxième Terre, avec une atmosphère pareille à la nôtre et des conditions climatiques dans lesquelles nous pourrions vivre sans même un scaphandre ?

« Trop ambitieux », tranche Melvin Averner. Ce dernier rejette et le projet et le néologisme, pour les remplacer par un autre projet sous le vocable d'« écopoïèse », la reconstitution des conditions atmosphériques et climatiques d'avant la mort de Mars. Une sorte de résurrection.

Averner et les autres tenants de l'écopoïèse croient possible de faire naître la vie sur Mars. Plus modestes que les partisans de la terraformation, qui voient déjà des vaches broutant dans les pâturages de la planète rouge, Averner et ses collègues pensent qu'on peut implanter des colonies de bactéries respirant du méthane (CH_4) ou de l'éthane (C_2H_6) comme biomasse de départ.

D'où proviendrait le méthane ? De la combinaison du gaz carbonique et de la vapeur d'eau atmosphériques. Mais alors, deux problèmes surgissent. Le premier, c'est que l'eau en phase vapeur, sur Mars, est rapidement victime de la photolyse. Sous l'effet de la lumière solaire bombardant la planète, qui ne peut se protéger faute d'une atmosphère suffisamment épaisse, la vapeur d'eau se scinde en ses deux constituants, l'oxygène et l'hydrogène.

Second problème, la faible pression atmosphérique de la planète empêcherait le peu de méthane qui se forme de rester stable. Lui aussi se scinderait rapidement. Mais ce ne sont pas là des obstacles de nature à démonter Melvin Averner. « On peut faire d'une pierre deux coups, réplique-t-il. En épaississant l'atmosphère, on se protège de la photolyse et en même temps on augmente sa pression suffisamment pour que le méthane devienne stable. »

Oui, mais comment ? « En réchauffant la planète, évidemment ! » Si on réchauffe Mars, l'eau et le gaz carbonique gelés aux pôles et à la surface s'évaporent. Ce brouillard sert de point de départ à l'effet de serre désiré, coupe les rayons solaires et rend la formation de méthane possible et même hautement probable. Seul petit



Les sondes Viking 1 et 2 ont fourni des photographies détaillées de la surface de la planète rouge. Par contre, les événements tectoniques et atmosphériques qui ont provoqué sa mort ne sont toujours pas élucidés.

problème, comment chauffe-t-on une planète ?

Les écopoïéristes ont une réponse toute prête, si élégante qu'elle est presque poétique. Selon eux, on n'aurait qu'à saupoudrer de poussière de graphite les pôles de notre voisine. Le graphite est noir, il absorbe lumière et chaleur. La chaleur ferait fondre la glace, et le cycle serait enclenché.

D'autres solutions au problème du démarrage du réchauffement global martien sont passées en revue par Christopher McKay, astrogéophysicien à la NASA, dans le numéro d'août 1991 de *Nature*. On y discute de la possibilité de libérer les carbonates retenus dans la croûte martienne à coup de bombes thermonucléaires... ou de lancer l'effet de serre en introduisant des chlorofluorocarbones dans son atmosphère. Ne seriez-vous pas un peu surmené, docteur Frankenstein ?

Quoi qu'il en soit, une fois la biomasse bactérienne introduite, on compte bien qu'elle relâche le sous-produit de sa respiration méthanienne dans l'air, soit de l'oxygène. En patientant quelques centaines de milliers d'années, il se peut que la vie aérobie devienne possible et, partant, la terraformation. Ouf !

Ce scénario de science-fiction se heurte à quelques inconnues. Y a-t-il suffisamment d'azote, de phosphore et de sulfates sur Mars pour soutenir une vie, si primitive soit-elle ? Rappelons que selon les plus récents calculs, pour que la vie végétale anaérobie soit pos-

sible, il faut que les gaz soient en quantités suffisantes pour produire une pression atmosphérique d'au moins dix millibars. Sur Mars, elle est actuellement de sept millibars. Pour répondre à ces questions, des sondes, des robots et des humains doivent explorer Mars.

DES ESPIONS AUTOUR DE MARS

Avant même de songer à faire débarquer des gens sur la planète rouge, il faudra disposer d'une carte très détaillée et d'un inventaire précis des substances chimiques composant le peu d'atmosphère qui lui reste. L'alternance des saisons et le cycle circadien produisent des variations de température qui agitent l'air martien. De ces vents résultent des conditions climatiques variables, qu'il faut connaître avant de se risquer à établir une colonie.

La première étape préparatoire consistera à placer sur orbite martienne le *Mars Observer*. Très apparenté au *Radarsat* terrien, ce satellite disposera de capteurs optiques, sensibles aux micro-ondes et à l'infrarouge. Les données recueillies grâce aux instruments optiques et à ceux actifs dans le domaine des micro-ondes serviront à produire la carte détaillée de Mars, tandis que la télédétection dans l'infrarouge contribuera à l'inventaire chimique de la planète. Le radar peut aussi renseigner sur la conductivité du sol et donc sur sa composition.

Le *Mars Observer* ne requiert aucun développement technique majeur et ne nécessite pas de lanceur ou de transporteur différent de ceux qui ont servi pour les deux *Viking*. On avait prévu son départ pour cette année. Des contraintes budgétaires ont forcé la NASA à reporter le lancement à la fin de 1993 ou au début de 1994. Le satellite survolera Mars pendant environ un an et fournira une masse de renseignements inédits aux astronomes.

On compte également sur l'*Observer* pour tester les communications entre la Terre et la planète morte. Ici se posent des problèmes de bruit reliés aux poussières interplanétaires et surtout, selon Lorne Keyes, ingénieur chez Spar Télécommunications, au fait que l'antenne terrestre devra non seulement capter les signaux du *Mars Observer*, mais suivre précisément ses déplacements autour de la planète.

« Dans le cas d'un satellite géostationnaire, explique M. Keyes, pas de problème de repérage de l'engin, il est toujours au-dessus de votre tête. Mais dans le cas d'un orbiteur qui se balade autour de Mars, ça se complique. L'appareil doit non seulement transmettre des renseignements complexes sur ce qu'il observe, mais aussi faire connaître sa trajectoire future à l'antenne, pour qu'elle reste en ligne. Cela augmente la densité des données communiquées par unité de temps, jusqu'à 10 mégabits par seconde. »

Toutes les fréquences électromagnétiques ne conviennent pas pour une communication aussi dense. Idéalement, un rayon laser serait parfait, mais la distance interdit ce genre de solution. La NASA a choisi les fréquences de 20 à 30 gigahertz, et Spar Canada est à concevoir des antennes capables de recevoir des quantités importantes de signaux sur cette fréquence.

Aussitôt que l'*Observer* aura complété sa mission, les Américains prévoient mettre en place le Mars Global Network, seconde étape préparatoire à la venue d'humains sur Mars. Deux véhicules spatiaux identiques seront lancés en 1995. Chacun d'entre eux porte six sondes devant se poser sur la planète, pour étudier sa composition géologique et comparer les différences

climatiques entre les douze régions retenues pour l'expérience. Les sondes relaient leurs informations à leur véhicule respectif, resté en orbite pour transmettre les données à la Terre. Les sondes doivent également réaliser des expériences de chimie et de biologie dans le sous-sol martien. Au terme de la mission, nous aurons acquis une connaissance assez précise de douze sites éventuels de colonisation.

DES ROBOTS COMME ÉMISSAIRES

La mission suivante, nommée Mars Sample Return par la NASA, est sans doute l'expérience de robotique la plus ambitieuse jamais conçue. Deux véhicules se placeront en orbite et lanceront chacun une sonde destinée à se poser sur Mars.

Une fois que les sondes auront atterri, en sortiront deux véhicules robotisés, capables de s'éloigner d'environ 100 mètres. Ils cueilleront des échantillons de leur choix et les rapporteront à leur sonde respective, qui

exécutera sur eux des expériences scientifiques.

Au bout d'un an, les sondes s'envoleront avec chacune cinq kilos d'échantillons martiens. Elles effectueront leur rendez-vous avec le véhicule qui les avait emmenées sur Mars et qui les attendait en orbite pour les ramener à Terre. Aucune de ces opérations ne sera commandée à distance. Tout, vol, atterrissage, circulation des robots, cueillette d'échantillons, analyses, décollage, rendez-vous, arrimage et retour, absolument tout sera robotisé.

Il est parfaitement inutile d'essayer de télécommander de la Terre une machine sur Mars. Ce qui est possible sur la Lune, à cause de la courte distance, devient impossible sur Mars, qui est parfois si loin de nous qu'un signal lumineux met vingt minutes à voyager entre les deux planètes. Comment stopper d'ici un engin sur le point de tomber dans un gouffre là-bas ? Quand l'image du danger arrive à la Terre, la machine est déjà au fond du trou. L'engin doit donc être capable de se diriger lui-même.

MARS EN CHIFFRES



POSITION DANS LE SYSTÈME SOLAIRE :	Quatrième planète
DISTANCE MOYENNE AU SOLEIL :	230 millions de kilomètres (contre 150 millions pour la Terre)
DIAMÈTRE :	6 800 kilomètres, soit une demi-Terre
MASSE :	0,107 fois la Terre Nous pèserions sur Mars le tiers de notre poids terrestre
DENSITÉ :	3,95 contre 5,52 pour la Terre
DURÉE DU JOUR MARTIEN :	24 heures, 37 minutes
PRESSIION ATMOSPHÉRIQUE :	7 millibars, 100 fois plus faible que sur la Terre
COMPOSITION DE L'ATMOSPHÈRE :	95 % de CO ₂
NOMBRE DE SATELLITES :	2 (Phobos et Deimos)

Andrew Jones, vice-président de la section Techniques de pointe de Spar Robotics, explique en quoi consiste le principal problème à surmonter : « La machine doit voir et reconnaître ce qu'elle voit. Faire avancer un robot sur Mars ne pose pas de problème mécanique nouveau, pas de problème de moteur ni de suspension. Mais pour que la machine se dirige, choisisse des échantillons et les manipule, elle doit avoir une vision stéréoscopique, en trois dimensions, comme la nôtre, et elle doit se souvenir de ce qu'elle voit, problème de logiciel, essentiellement. »

Il y a encore cinq ans, la vision artificielle butait sur un problème énorme. Quand une caméra fournissait à un analyseur informatique les informations contenues dans les 65 000 points de chacune de ses images, il fallait des heures pour décoder l'image et « reconnaître » ce dont il s'agissait. Pour réagir quasi instantanément à un objet dérivant dans le vide, il devenait crucial de réduire le temps d'analyse sans affecter la précision de l'image, le nombre de points à analyser.

On travaille actuellement à une analyse visuelle par processeurs parallèles, reliés entre eux par ce qu'on appelle des réseaux neuronaux. « Le réseau neuronal, explique Hans Baumans, du Centre de recherche industrielle du Québec, rend inutile l'énorme processeur central qui devait patiemment décoder chaque point de l'écran. » On le remplace par 65 000 processeurs rudimentaires, qui analysent chacun simultanément un seul point. La cueillette d'information se fait en même temps sur les 65 000 points et ne prend qu'une infime fraction de seconde. Tous les processeurs sont reliés entre eux par un réseau à très grande vitesse. Ils s'échangent l'information recueillie et la comparent.

Les réseaux neuronaux serviront de cortex sensoriels à tous les robots qui patrouilleront Mars, avant que des humains ne se posent enfin sur la planète. Ainsi, vers l'an 2000, la NASA enverra cinq véhicules robotisés, qui exploreront chacun un site de 100 km², dans le but de déterminer l'emplacement idéal pour une colonie humaine. Ils auront été précédés de peu par des orbiteurs de télédétection et d'autres satellites de télécommunication.

L'AGENCE SPATIALE CANADIENNE



Agence spatiale canadienne

L'Agence spatiale canadienne est le centre nerveux des activités spatiales du Canada. Organisme fédéral, l'Agence a pour rôle de coordonner les efforts canadiens en science et technique de l'espace. Elle orchestre donc les contributions industrielles, universitaires et gouvernementales, dans le but de les rendre cohérentes et profitables à toutes les régions du pays.

L'Agence se fait le promoteur des grands projets canadiens dans l'espace, et son « bébé » le plus connu est certainement le « bras canadien », dont une version avancée (photo), développée chez Spar sous l'égide de l'Agence, servira à bord de la station spatiale *Freedom*.

L'Agence pilote également le projet du satellite de télédétection *RADAR-*

SAT, destiné à l'inventaire de certaines ressources naturelles, à la surveillance de la pollution et à l'étude du mouvement des glaces. L'Agence est aussi responsable du Programme des astronautes canadiens.

Créée il y a trois ans en vertu d'une loi fédérale, l'Agence spatiale canadienne dispose d'environ 300 millions de dollars annuellement, pour s'assurer que le Canada reste en bonne position dans la course technique et scientifique vers l'espace. C'est pour cette raison qu'elle stimule depuis plus d'un an déjà la recherche canadienne sur les problèmes posés par la conquête de Mars.

Rappelons que c'est en 1993 que son nouveau siège social doit ouvrir ses portes à Saint-Hubert dans la région de Montréal.

LES PREMIERS TOURISTES

Viendra alors l'étape finale, l'envoi d'un groupe humain, avec son habitation martienne, son laboratoire, ses réserves de vivres et d'eau, son système de production d'énergie pour alimenter la base martienne, ses véhicules d'exploration et tout l'équipement nécessaire à l'assemblage de la base.

La masse totale de cet équipement et du carburant requis pour se rendre sur Mars et en revenir dépasse largement le millier de tonnes métriques. La navette américaine actuelle ne peut arracher à l'attraction terrestre qu'une masse de 17,3 tonnes. On a beau imaginer des propulseurs titanesques, la faisabilité d'un lancement à partir du sol s'efface devant les seuls coûts en carburant.

C'est ici que *Freedom*, la station spatiale américaine, entre en scène. On compte transporter pièce par pièce l'équipement et les véhicules de la mission martienne sur *Freedom*, naviguant autour de la Terre en orbite basse. En utilisant une version améliorée de la navette, capable de transporter jusqu'à 70 tonnes de matériel, ainsi qu'un gros porteur dont la charge utile atteindrait 140 tonnes, on amènerait en moins d'une heure les pièces détachées de la mission jusqu'à *Freedom*, où travailleurs humains et robots les assembleraient. Une fois assemblée, la mission pourrait décoller sans le handicap de l'attraction terrestre au sol.

C'est également sur *Freedom* que se feront les tests sur l'exposition prolongée d'humains aux conditions de l'espace, notamment l'absence de gravité et les radiations solaires et cosmiques. La microgravité réduit les forces s'exerçant normalement sur le corps par un facteur d'un million. S'ensuivent une réduction des minéraux dans les os, l'atrophie musculaire et l'avachissement du muscle cardiaque. Comment réagiront les astronautes quand, après 300 jours de voyage vers Mars en apesanteur complète, le freinage aux abords de la planète les soumettra subitement à des forces égales à quelques fois la gravité terrestre ?

Dans leur longue traversée vers Mars, les voyageurs ne seront plus protégés des rayons cosmiques par le champ magnétique terrestre. Un seul orage solaire tuerait les astronautes dépourvus de protection. Le véhicule martien devra donc comporter un abri antiradiation, ce qui ne pose pas de grand problème technique. Ce qui pose problème, c'est notre capacité de prédire l'orage magnétique solaire.

Dans le but de surveiller l'activité solaire et d'augmenter notre capacité de prédire les orages magnétiques, la NASA et l'ESA, l'Agence spatiale européenne, vont lancer en 1994 le satellite *SOHO* (Solar and Heliospheric Observatory). *SOHO* naviguera en direction du Soleil et, parvenu à 1,5 million de kilomètres de nous, se mettra

en orbite circulaire autour d'un point dans l'espace. Son orbite autour de ce point sera perpendiculaire à la ligne reliant le Soleil à la Terre. *SOHO* fournira jusqu'au début de 1997 des données sur la couronne solaire et les vents électromagnétiques issus de notre étoile.

LA CONTRIBUTION CANADIENNE

Voilà pour la contribution européenne à l'exploration de Mars. Et le Canada ? L'incontournable « bras canadien », dans une version améliorée, sera essentiel à l'assemblage des éléments de la mission humaine vers Mars. Spar Canada est déjà à l'œuvre et conçoit présentement, en collaboration avec Rockwell, tout le système d'assemblage mécanique et robotique pour la station *Freedom*. Spar Canada travaille aussi aux grues robotisées qui serviront à débarquer et à assembler la station habitée martienne. Selon Andrew Jones de Spar Robotics, la compagnie veut également développer un système automatique d'entretien du véhicule de transport vers Mars, système qui pourra intervenir pendant le long voyage vers la planète rouge. Une autre division de Spar Canada travaille sur les antennes installées sur *Freedom* et sur les différents véhicules envoyés vers Mars.



CAE, leader mondial des systèmes de simulation de vol, s'est mis sur les rangs, dans l'espoir de décrocher les contrats pour les simulateurs de vol de *Freedom*, des nouvelles navettes et des véhicules habités à destination de Mars.

En plus de ces grandes entreprises, huit PME québécoises participent actuellement à un concours organisé conjointement par l'Agence spatiale canadienne et le Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ). Au terme du concours, trois de ces entreprises seront retenues et obtiendront une subvention de recherche. Selon certaines sources, deux des firmes, œuvrant dans le domaine de la vision robotique, auraient de bonnes chances de se qualifier.

Mais on est encore bien loin de l'émergence d'une industrie spatiale au Québec. Selon Hans W. Baumans, ingénieur au CRIQ, les PME québécoises refusent, pour l'instant, de développer des produits pour l'espace parce que ce n'est pas payant. « Nous avons fait le tour du Québec avec un projet de développement d'un système de guidage de robots par vision tridimensionnelle. Vingt entreprises ont refusé d'embarquer. Dès que la compagnie comprend qu'un tel système n'a pas d'applications terrestres immédiates, elle décline poliment notre offre. »

Malgré ces résultats peu encourageants du côté de la PME québécoise, l'Agence spatiale canadienne continue de remuer ciel et terre pour intéresser des firmes du pays à contribuer à l'effort scientifique et technique vers Mars. Selon Frank Vigneron, responsable du programme martien à l'Agence, cette dernière définira dans les prochains mois une politique scientifique et industrielle, destinée à encadrer les chercheurs canadiens intéressés à régler les principaux problèmes faisant encore obstacle dans la course vers Mars. Qui sait, peut-être qu'en plus du bras canadien on verra apparaître l'œil (robotique) canadien ? Mais cela dépend du budget de l'Agence et beaucoup de celui de la NASA. □

Le nouvel outil des biologistes a quatre pattes, porte moustache et s'habille de fourrure. Il vaut mieux en acheter deux à la fois : la première paire coûte quelques centaines de dollars, mais les autres presque rien ; il se reproduit.

Ce petit animal accompagne les hommes où qu'ils aillent. On le trouve là où les agriculteurs stockent leur grain, dans les restaurants abonnés aux visites des inspecteurs sanitaires et, si vous ne faites pas attention, dans votre garde-manger. Commensal des humains, il essaie de se faire le plus discret possible. Ces jours-ci, pourtant, on en parle beaucoup. C'est qu'à trop fréquenter *Homo sapiens*, *Mus musculus* est en train d'en attraper toutes les maladies.

Cancers de la glande mammaire, de la peau, du pancréas, des reins, des poumons, de l'estomac, leucémies, maladie d'Alzheimer et, tout dernièrement, dépression ; la pauvre souris devient un véritable répertoire des affections du genre humain. Mais, ce faisant, le petit rongeur s'est transformé en un formidable outil de recherche scientifique.

Toutes ces maladies ont une chose en commun : à un degré plus ou moins grand, elles ont toutes une composante héréditaire. Une susceptibilité à ces maladies, ou la maladie elle-même, peut être transmise d'une génération à l'autre, parmi les gènes que les enfants héritent de leurs parents. Dans certains cas, comme les cancers et la maladie d'Alzheimer, on a identifié les gènes en cause. Pour les affections neurologiques, la part du milieu est très importante, mais on soupçonne de plus en plus que le patrimoine génétique y est aussi pour quelque chose.

DES GÈNES ÉTRANGERS

Depuis la fin des années 70, la biologie moléculaire a permis de manipuler la macromolécule porteuse des gènes, l'ADN. En coupant, en réorganisant, puis en recopiant l'ADN, on a identifié toute une série de gènes. C'était bien beau, mais ces derniers sont plus que de simples bouts de molécules.

On a aussi appris à distinguer deux parties des gènes : la partie codante et la partie régulatrice. La partie codante contient la liste des matériaux nécessaires à la fabrication d'une substance utile à l'organisme ; la partie régulatrice indique à quel moment et dans quel tissu de l'organisme cette substance doit être fabriquée. C'est un peu comme si quelqu'un redécouvrait la recette du Gâteau des Rois ; pour que sa réussite culinaire revête sa pleine signification, en plus de la liste des ingrédients, il lui faudrait aussi découvrir en quelles circonstances il faut le faire.

Certaines parties régulatrices agissent comme interrupteur ou promoteur de l'expression génique, d'autres indiquent où commence et où se termine la partie codante. En transférant des gènes dans des cellules, avec ou sans leur partie régulatrice, les scientifiques ont beaucoup appris sur les mécanismes qui en contrôlent l'expression. Aujourd'hui, on adjoint couramment à des gènes codant pour des hormones humaines des parties régulatrices empruntées à des microbes. Une fois ces constructions insérées dans des microbes, ces derniers n'y voient que du feu et se mettent à fabriquer de l'insuline, de l'hormone de croissance ou des interférons

humains. Ils sont devenus des êtres transgéniques, c'est-à-dire porteurs d'un ou de plusieurs gènes étrangers.

Si l'industrie a vite compris le potentiel des cellules transgéniques, les spécialistes de la recherche biomédicale en ont aussi immédiatement saisi les avantages.

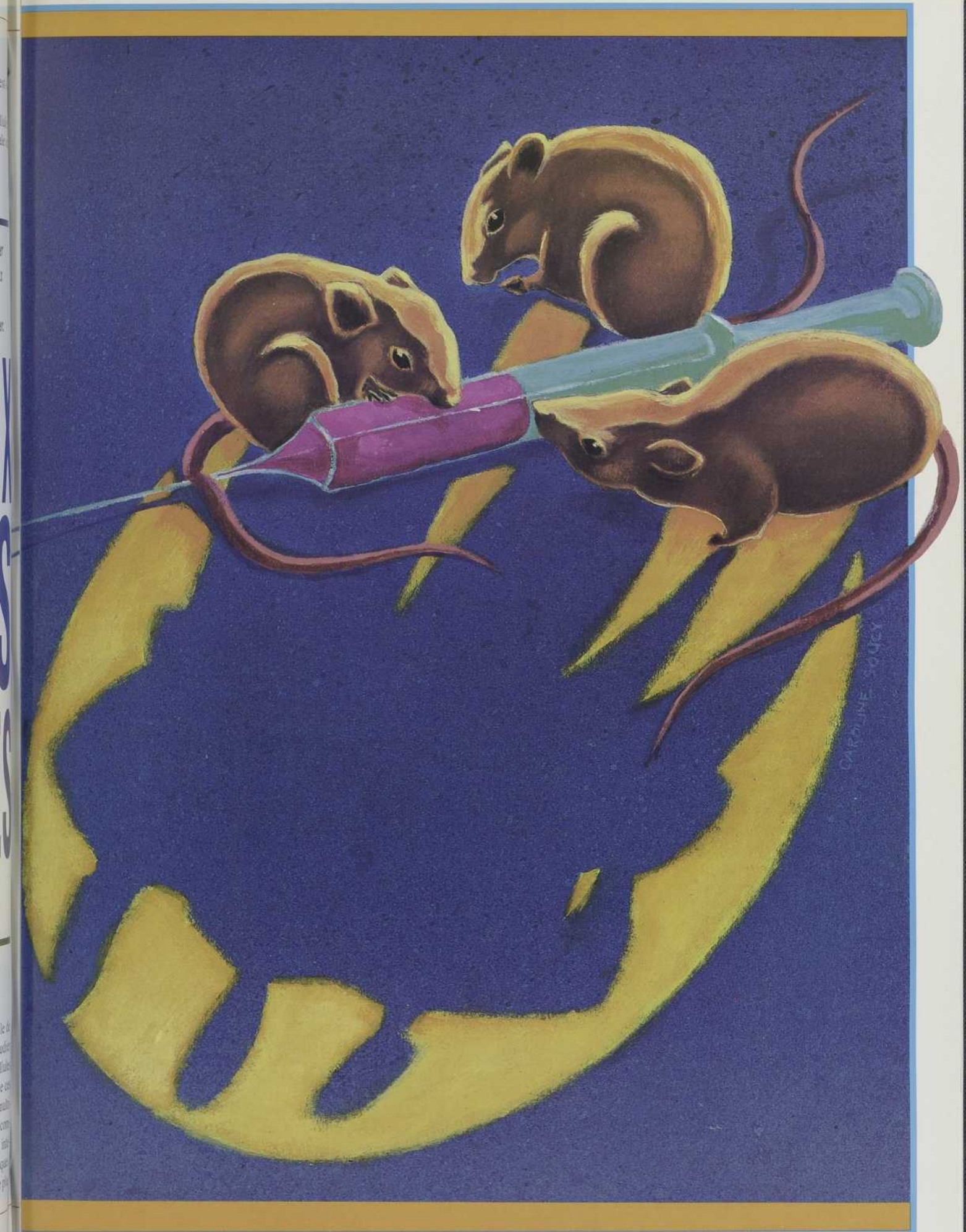
Il se trouve de plus en plus de gens pour souhaiter qu'on cesse d'utiliser des animaux en laboratoire, mais en attendant des chercheurs géniaux ont imaginé des techniques audacieuses pour « transmettre » les gènes de nos maladies, afin de mieux les étudier.

DES ANIMAUX MALADES DE NOS GÈNES

Par Jean-Marc Fleury

LA SOURIS MANIPULÉE

Mais dans le cas du corps humain, il n'est pas possible de faire des cultures de toutes ses cellules. Comment étudier l'effet d'un gène commandant le développement des cellules nerveuses, si on ne peut maintenir en vie des cultures de ces cellules ? Et même lorsque les cellules acceptent de se multiplier dans des bocaux de verre, il reste à découvrir leur comportement dans l'organisme complet. Par exemple, il est intéressant d'étudier le développement de cellules transgéniques, programmées pour devenir cancéreuses. Ce serait encore plus



instructif de les observer dans un être complet, où elles sont soumises aux mécanismes de défense de l'organisme. Mais il ne peut être question de les insérer dans un corps humain. Alors, pourquoi pas un animal ?

En utilisant un animal complet, on aurait alors accès aux cellules de n'importe quel tissu et organe. Les cellules modifiées se retrouveraient dans un environnement normal, entourées d'autres cellules et nourries par la circulation sanguine. Pour maintenir ces cellules en vie, il suffirait de nourrir l'animal ! À trois grammes de mou-
lée par jour, la souris, déjà l'un des modèles animaux préférés des scientifiques, était une cible tout indiquée pour la « transgénisation ».

Le transfert de gènes étrangers dans la souris allait se révéler d'une facilité étonnante : il suffisait d'injecter directement les gènes dans des embryons de souris. Même les toutes premières tentatives furent couronnées de succès. En injectant le gène étranger au premier stade embryonnaire, alors que l'ovule et le spermatozoïde viennent tout juste de s'unir et avant la fusion de leurs noyaux, on le retrouvait dans les cellules de la souris adulte et dans celles de sa progéniture.

On découvrit par la suite comment diriger l'expression d'un transgène dans n'importe quel tissu de l'animal transgénique. Il suffisait d'adjoindre aux parties codantes des parties régulatrices, spécifiant l'expression du gène dans tel ou tel tissu. Ce nouvel instrument devenait particulièrement attrayant pour la recherche sur le cancer.

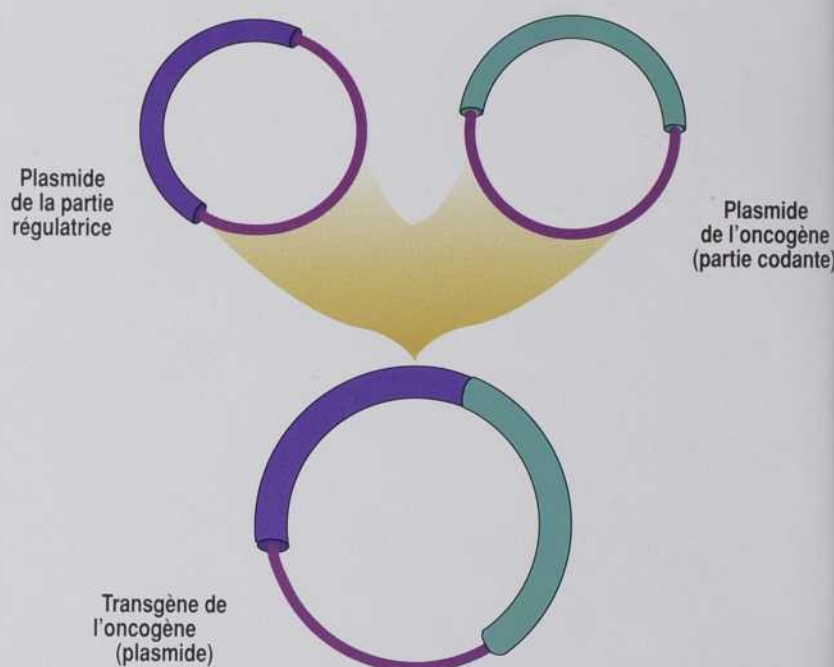
DES CANCERS SUR COMMANDE

En effet, dans le cas du cancer, il a fallu des décennies avant que l'on commence à soupçonner certains gènes de jouer un rôle de premier plan dans ce type de dérèglement cellulaire.

Pour qu'un cancer apparaisse, il faut toute une chaîne d'événements. Il faut que les cellules de la tumeur cancéreuse ignorent les instructions limitant leur multiplication, apprennent à se passer des facteurs de croissance, échappent au système immunitaire, construisent leur propre irrigation

SOURIS TRANSGÉNIQUES : MODE DE CONSTRUCTION

La « construction » d'une souris transgénique comporte deux grandes étapes, faisant appel à des techniques et à des expertises très diversifiées. Il faut en effet d'abord fabriquer le gène, ou « transgène », qui sera ajouté au bagage génétique de l'animal. Cette étape fait appel aux techniques qui ont rendu célèbre le génie génétique : découpage, clonage et épissage de gènes. Une fois le transgène construit, il faut ensuite réussir l'insertion dans la souris. On fait alors appel aux spécialistes de la reproduction et de l'embryogenèse.



1 LA PRÉPARATION DU TRANSGÈNE

Le transgène comporte deux parties : une partie codante, qui est le gène lui-même, et une partie régulatrice, qui permet l'expression du gène dans un type de cellule particulier de la souris.

Habituellement, les gènes sont conservés dans des plasmides, molécules circulaires qui portent les gènes codant pour des caractères non essentiels dans les bactéries. Le génie génétique dispose d'un vaste répertoire de plasmides, plus ou moins modifiés et équipés de diverses parties codantes ou régulatrices.

Pour construire chaque transgène, les équipes de l'IRCM et du CHUL ont fabriqué ou emprunté des plasmides porteurs des parties codantes et régulatrices recherchées. Elles ont ensuite extrait ces gènes et morceaux de gènes, avant de les insérer dans de nouveaux plasmides. Ces derniers contenaient uniquement les transgènes nécessaires aux expériences projetées. C'est donc véhiculé dans un plasmide que chaque transgène, formé d'une partie codante et d'une partie régulatrice, a été injecté dans les embryons de souris.

LA CONSTRUCTION DE LA SOURIS TRANSGÉNIQUE

À l'aide d'une micropipette, on injecte les plasmides porteurs des transgènes dans l'embryon à peine formé des souris. Les méthodes de clonage du génie génétique permettent de fabriquer autant de copies du plasmide que l'on désire.

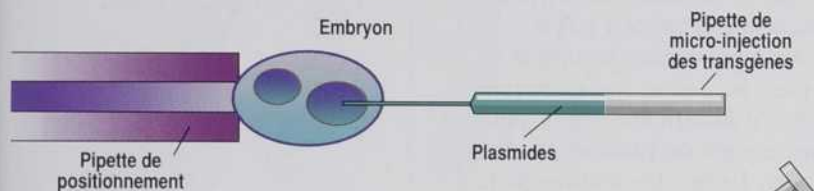
L'injection s'effectue dans l'embryon, à un stade où le spermatozoïde vient tout juste de s'unir à l'ovule, avant même que le noyau de la cellule mâle ne fusionne avec celui de la cellule femelle. Généralement, le plasmide est déposé près du noyau de la cellule mâle, parce qu'il est plus volumineux et plus facilement accessible. Par des mécanismes dont on ignore le fonctionnement précis, un certain nombre de plasmides réussissent à s'intégrer au matériel génétique des embryons.

Les embryons sont ensuite transférés dans des femelles porteuses, une étape critique du processus. « Dans les meilleures conditions, explique François Pothier, on obtient un taux de survie d'environ 30 %. À partir d'une centaine d'embryons micro-injectés, on peut espérer obtenir cinq souris transgéniques, dont en moyenne deux n'exprimeront pas le gène correctement. »

L'intégration du transgène se fait entièrement au hasard. Il arrive donc que pour un même transgène l'on obtienne des animaux transgéniques différents, exprimant le gène à des niveaux plus ou moins élevés et dans des tissus différents.

L'aspect extraordinaire de toute cette procédure tient au fait qu'il y aura dans certains cas transmission du transgène à la progéniture. En croisant entre elles des souris porteuses du gène, il devient ensuite possible d'obtenir des lignées de souris transgéniques stables, présentant toutes la même « transgénicité ».

A) INJECTION DES PLASMIDES DANS LES EMBRYONS



B) TRANSFERT DES EMBRYONS DANS LES SOURIS PORTEUSES



Paul Jolicoeur / IRCM

sanguine, défoncent les tissus environnants et colonisent des sites éloignés. Pour expliquer ce comportement aberrant, les spécialistes soupçonnent fortement une modification des instructions au cœur de la vie cellulaire, c'est-à-dire une modification des gènes de la cellule. Ils en sont d'ailleurs rendus à mettre en cause deux familles de gènes, engagées dans une sorte de « souque à la corde ». D'un côté, les proto-oncogènes, qui favorisent la multiplication cellulaire, et, de l'autre, les anti-oncogènes ou gènes répresseurs des tumeurs, qui en freinent la prolifération.

La croissance et la multiplication des cellules normales résulteraient d'un équilibre entre les proto-oncogènes, promoteurs de la prolifération, et les anti-oncogènes, garde-fous de la prolifération cellulaire. Proto-oncogènes et anti-oncogènes sont des gènes normaux. Ils jouent des rôles importants dans la vie des cellules et des organismes en santé. Par contre, modifiés, ils causent des dommages à la mesure de leur importance.

Selon le modèle actuel, le cancer résulterait de la transformation des proto-oncogènes en gènes promoteurs de tumeurs – on les appelle alors des oncogènes (gènes du cancer). Une autre étape nécessaire à la cancérisation serait la faillite des anti-oncogènes. Une fois les promoteurs de la multiplication emballés et les garde-fous éliminés, les cellules saines deviendraient douées de ces propriétés mortelles. À l'heure actuelle, on a identifié près d'une trentaine de candidats proto- et anti-oncogènes. Mais les résultats obtenus sont encore suffisamment préliminaires pour que l'on classe parfois des « antis » parmi les « protos » !

D'après les travaux du Dr Paul Jolicoeur, l'oncogène est nécessaire, mais pas suffisant pour provoquer le cancer du sein.

L'animal transgénique permet non seulement de tirer au clair les rôles respectifs de tous ces suspects, mais d'apporter des preuves directes à l'appui de ce dernier modèle. L'expérimentateur peut faire en sorte que les oncogènes s'expriment dans les tissus de la glande mammaire, du foie ou du poumon. Avec les souris transgéniques, on peut faire une expérience déterminante, mais impensable chez les humains : injecter directement dans le bagage génétique d'un être vivant une information parfaitement contrôlée, tel un gène soupçonné de causer le cancer. Ce nouveau modèle *in vivo* permet en plus d'évaluer le rôle du flux sanguin et du système immunitaire sur le maintien d'une cellule maligne.

L'expérimentateur peut en effet faire en sorte qu'un oncogène s'insère dans certains tissus cellulaires précis. Habituellement, ce transgène ne provoque pas directement l'apparition de tumeurs, mais crée une forte prédisposition. C'est exactement ce qu'a réussi l'équipe de Paul Jolicoeur, directeur du groupe biologie moléculaire de l'Institut de recherches cliniques de Montréal (IRCM), en dirigeant l'insertion d'un oncogène dans les tissus des glandes mammaires de la souris.

LA SOURIS TRANSGÉNIQUE

Le chercheur a choisi un oncogène que l'on retrouve dans le cancer du sein le plus commun, le comédo-carcinome. Dans ce cas-ci, il lui a associé une séquence régulatrice que l'on trouve dans le virus de la glande mammaire de la souris. L'adjonction de cette séquence amène l'oncogène à s'exprimer surtout dans les tissus mammaires (voir l'encadré « Souris transgéniques : mode de construction »).

« On a observé des cancers qui n'avaient jamais été vus chez la souris, dit Paul Jolicoeur. C'était la première fois que l'on observait le comédo-carcinome chez cet animal. » En effet, les souris femelles transgéniques présentent des tumeurs à la plupart de leurs mamelles, après quelques périodes de gestation. Un examen révèle que l'oncogène se retrouve dans toutes les glandes mammaires, mais les tumeurs seulement dans certaines d'entre elles.

Ceci démontre bien, selon le chercheur, que l'oncogène est nécessaire mais pas suffisant pour provoquer le cancer du sein. Parmi les autres facteurs nécessaires à l'apparition du cancer, on note la présence d'un ou de plusieurs autres oncogènes. On a déjà observé que deux oncogènes accroissent de beaucoup la probabilité d'un cancer ; comme s'il existait un effet synergétique entre oncogènes. Le Dr Jolicoeur évoque aussi l'absence ou la mise hors circuit d'un anti-oncogène, comme autre condition nécessaire. Enfin, certaines erreurs affectant les gènes lors de la multiplication cellulaire viendraient enclencher la cancérisation définitive.

« Nous avons construit ce modèle afin d'identifier les autres facteurs, explique M. Jolicoeur. Les étudier dans les cancers humains est trop compliqué. Avec la souris, c'est tout comme. Je pense que ce que nous allons trouver sera applicable à l'homme à 100 % ».

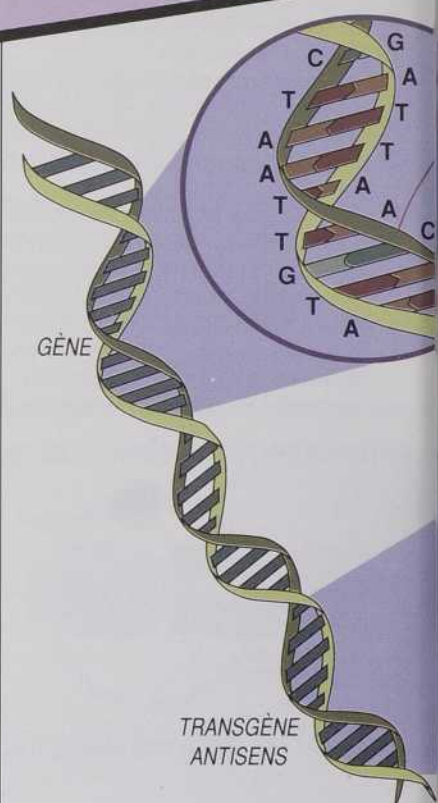
Il n'existe pas encore de remède au cancer, mais les souris transgéniques constituent d'excellents sujets pour tester des agents de prévention. Par exemple, A. Leder, le créateur de la célèbre Myc-Mouse, la première souris transgénique brevetée (voir *Québec Science*, février 1992), a démontré que l'acide rétinolique (utilisé contre l'acné) bloquait l'apparition de tumeurs de la peau du genre papillome chez des souris « programmées » avec un oncogène favorisant l'apparition de tels cancers.

Puisqu'elles sont plus sensibles aux substances cancérogènes, les souris transgéniques peuvent aussi servir à en évaluer les effets. Leur sensibilité accrue ne nécessite pas les fortes doses qui souvent tuent les cellules bien avant qu'elles n'aient eu le temps de devenir cancéreuses.

40 ANS À UN AN

Les premières souris transgéniques ont été fabriquées il y a déjà plus d'une dizaine d'années. L'une d'elles avait d'ailleurs fait la manchette des journaux. On l'avait équipée du gène de l'hormone de croissance du rat. Elle présentait des taux d'hormone de croissance plusieurs centaines de fois plus élevés que la normale ; sa taille était le

L'ANTISENS INTERRUPTEUR DE GÈNE

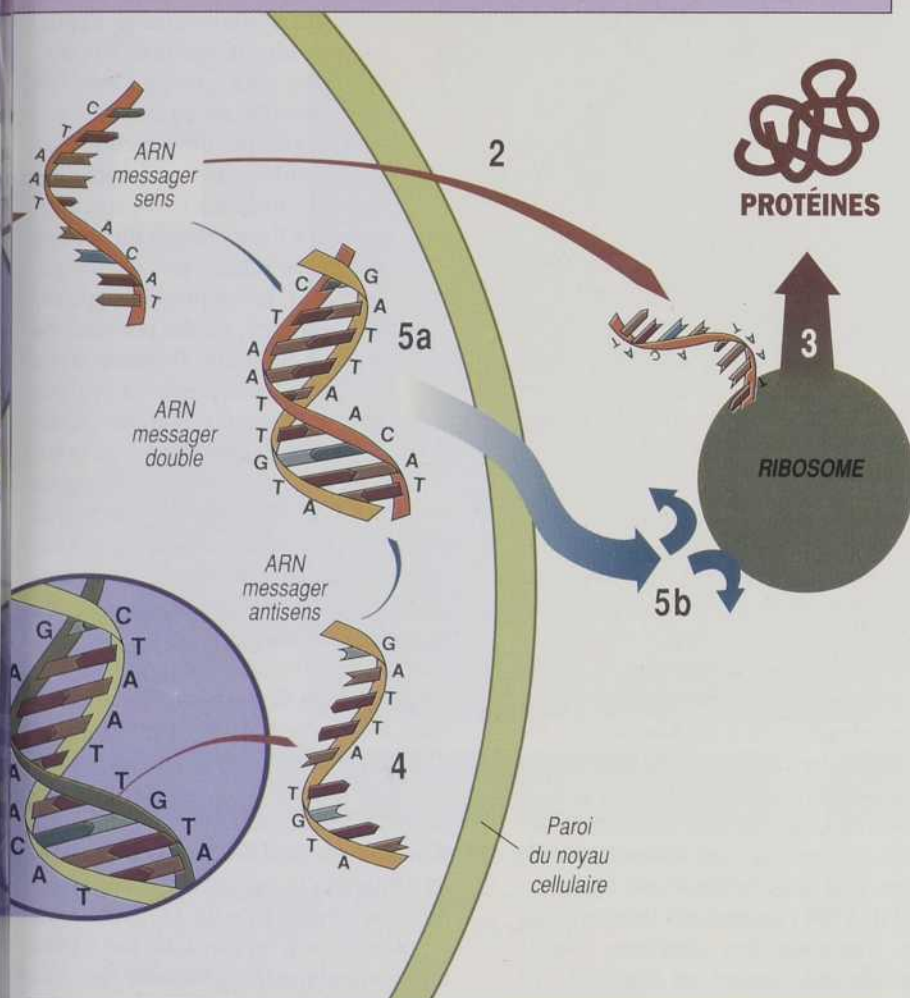


Les êtres vivants transmettent leurs gènes à leur progéniture par l'intermédiaire d'une très longue molécule, l'ADN. Chez l'humain, cette molécule compte de 50 000 à 100 000 gènes. La plupart portent l'information qu'utilisent les cellules pour fabriquer les différentes molécules de notre organisme, les protéines. On dit d'un tel gène qu'il code pour telle ou telle protéine. En fait, la molécule d'ADN contient deux molécules étroitement enlacées en spirale, d'où son nom de double hélice.

Les informations décrivant les gènes sont écrites grâce à un code de quatre lettres, chacune étant une molécule plus petite, appelée base, que l'ADN enfiler comme les grains d'un chapelet. Les différentes séquences de ces quatre bases, A, C, G et T, déterminent la teneur des informations. Par exemple, la séquence ATG signifie « début d'un gène codant pour une protéine », et la séquence TAG signifie « fin d'un gène ».

Les deux brins de la double hélice s'enroulent l'un autour de l'autre d'une seule façon, car la base A d'un brin n'accepte en face d'elle que la base T de l'autre brin ; de même la base C ne s'as-

UN NOUVEL OUTIL POUR LES INGÉNIEURS DES GÈNES



1. Le gène normal produit un ARN messenger à un seul brin, correspondant au brin « sens » de l'ADN.
2. Cet ARN messenger traverse la paroi nucléaire en direction des ribosomes.
3. Dans le ribosome, l'ARN messenger dirige la fabrication des protéines.
4. Mais si l'ADN comporte aussi un gène « antisens », il va présider à la formation d'un ARN messenger complémentaire de l'ARN normal.
5. Les deux brins d'ARN complémentaires vont alors se joindre (5a). Comme les ribosomes sont incapables de lire (5b) le code de tels ARN doubles, il n'y aura donc plus fabrication de protéine.

socié qu'à la base G. Du moment que l'on connaît la séquence d'un brin, on peut donc facilement déduire la séquence des bases de l'autre brin.

Par ailleurs, un seul des deux brins de la double hélice porte l'information décodée par les cellules pour fabriquer les protéines ; on l'appelle le **brin sens**. L'autre brin s'appelle **antisens**. Les brins sens et antisens sont dits complémentaires.

Seul le brin sens de l'ADN est transcrit en une molécule intermédiaire : l'ARN messa-

ger, qui peut être lu par les ribosomes, usines d'assemblage des protéines.

Voilà une bonne piste pour quelqu'un qui étudie la fonction d'un gène. Pour en découvrir le rôle, pourquoi ne pas en bloquer l'expression ?

Avec la technique antisens, les spécialistes du génie génétique disposent désormais d'un « interrupteur » leur permettant d'inactiver n'importe quel gène dont la séquence de bases est connue.

double de celle d'une souris du même âge ! Si les médecins ne pouvaient en aucune façon promettre de telles thérapies aux souffre-douleur des écoles, les éleveurs de porcs et de bovins ont immédiatement demandé que leurs élevages en bénéficient... avec des résultats plutôt mitigés jusqu'ici.

Il existe maintenant de nombreuses versions de souris transformées en modèles de maladies humaines, comme le sida, le diabète, la leucémie, l'anémie falciforme et le cancer. De nouveaux modèles de murins transgéniques voient régulièrement le jour. L'année dernière, ce sont les spécialistes des maladies neurologiques qui se sont équipés.

En juillet dernier, en Californie, Barbara Cordell et ses collègues de la compagnie California Biotechnology ont créé une souris transgénique atteinte de la maladie d'Alzheimer. La bêta-amyloïde, la protéine fibreuse que l'on soupçonne de jouer un rôle majeur dans la maladie, s'accumule dans leur cerveau.

Cela fait plus de 60 ans que l'on a identifié des dépôts de bêta-amyloïde dans le cerveau des personnes souffrant d'Alzheimer, mais sans pouvoir en déterminer le rôle précis dans la maladie. Les dépôts apparaissent dans les mêmes régions du cerveau des souris, au fur et à mesure qu'elles vieillissent, une année dans la vie d'une souris correspondant à 40 de nos années. Il reste maintenant à savoir si les souris transgéniques atteintes d'Alzheimer souffriront des mêmes pertes de mémoire que les humains.

MAIS EST-ELLE DÉPRESSIVE ?

L'autre modèle de maladie neurologique chez des munidés a été produit l'année dernière, au laboratoire de psychogénétique moléculaire du Centre hospitalier de l'Université Laval (CHUL) à Sainte-Foy, par Nicholas Barden, François Pothier et Marie-Claude Pepin. Le cerveau de la souris transgénique du CHUL possède certaines des caractéristiques neuroendocrinologiques associées à la dépression.

Marie-Claude Pepin, étudiante au doctorat, est très fière de cette réalisation. « Nous avons fait l'hypothèse,

dit-elle, qu'il y avait moins de récepteurs des glucocorticoïdes chez certains dépressifs. » Dans ce cas-ci, il s'agissait donc de fabriquer une souris qui, comme les humains dépressifs, présenterait moins de ces récepteurs.

L'équipe du CHUL, dirigée par Nicholas Barden, a élaboré son hypothèse à partir d'une étude de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien.

Ça y est ! Ces derniers mots viennent de rappeler à votre mémoire une période difficile de votre vie d'étudiant. Vous saviez que l'examen final comporterait une question sur ce fameux axe.

Vous craigniez beaucoup de ne pouvoir en expliquer toutes les subtilités. Votre organisme réagissait à cette forte anxiété comme il réagit en situation de stress. Votre hypothalamus, situé à la base du cerveau, intimait à une sorte de glande placée juste un peu plus bas, l'hypophyse, d'ordonner à une paire de glandes situées sur les reins, les surrénales, de fabriquer plus de glucocorticoïdes.

C'est ainsi qu'en situation de stress, notre organisme demande plus de glucocorticoïdes, substances qui accélèrent la digestion des protéines, favorisent la production de glucose et inhibent la capture de ce dernier par de nombreuses cellules. Chez une personne normale, l'hypothalamus prend note de cet accroissement par l'intermédiaire de récepteurs sensibles aux glucocorticoïdes. Via l'hypophyse, il commande alors aux surrénales de diminuer leur production. Cela, bien entendu, une fois l'examen réussit.

Par contre, chez certains dépressifs, on note une production continue et anormalement élevée de glucocorticoïdes. « Chez la plupart des dépressifs majeurs, explique Marie-Claude Pepin, on n'observe pas de diminution des glucocorticoïdes, même si l'on injecte des hormones synthétiques (dexaméthasone). Cette baisse de sensibilité de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien aux glucocorticoïdes nous incite à émettre l'hypothèse que la personne souffrant de dépression aurait moins de récepteurs des glucocorticoïdes. » Il semble que le système de



L'équipe du laboratoire de psychogénétique moléculaire du CHUL : Marie-Claude Pepin, Nicholas Barden, directeur de l'équipe, et François Pothier.

réroaction, qui indique normalement au cerveau de cesser de fabriquer ces hormones lorsqu'un certain niveau a été atteint, ne fonctionne pas chez ces dépressifs.

« Ce qu'on a voulu faire, poursuit la chercheuse, pour mimer le dérèglement observé chez les humains, a été de diminuer le nombre de récepteurs de glucocorticoïdes uniquement dans le cerveau, car ces hormones ont beaucoup d'autres utilités ailleurs dans le corps. J'ai donc fabriqué une construction d'ADN comprenant le promoteur des filaments des neurones (partie régulatrice), auquel on a ajouté une partie du gène qui code pour les glucocorticoïdes (partie codante), mais dans le sens inverse. » En choisissant de juxtaposer le promoteur des filaments des neurones, cellules exclusivement situées dans le cerveau, Marie-Claude Pepin s'assurait que son transgène ne serait exprimé que dans le cerveau.

L'ANTISENS

Dans le jargon du génie génétique, Marie-Claude Pepin a fabriqué de l'« antisens », une sorte de gène construit à l'envers et dont le produit empêche le gène normal de s'exprimer (voir l'encadré « L'antisens, interrupteur de gènes »). La tâche de François Pothier a ensuite été d'insérer le transgène dans des embryons de souris, pour obtenir des lignées stables de sujets présentant des dérèglements hormonaux comparables à ceux observés chez les patients

dépressifs. La souris antisens du CHUL est la deuxième au monde et a valu à Marie-Claude Pepin, 26 ans, un article dans *Nature*, l'une des plus prestigieuses revues scientifiques au monde.

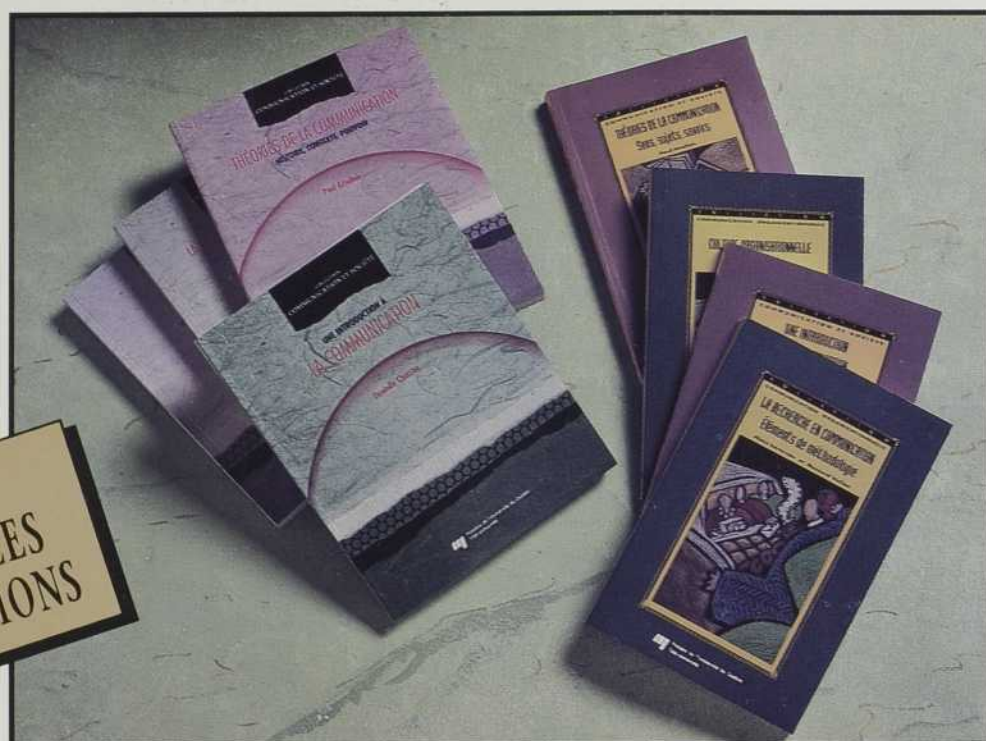
Le groupe de psychogénétique moléculaire de Nicholas Barden s'intéresse tout particulièrement à l'importance du facteur génétique chez les personnes souffrant de dépression grave, dite bipolaire, où des périodes de grande euphorie alternent avec des périodes dépressives profondes. Des études réalisées chez des jumeaux ont montré qu'entre 65 à 70 % des jumeaux identiques

souffraient de la maladie, alors que seulement 1 à 15 % des jumeaux non identiques en étaient affectés. « Les facteurs environnementaux tels que les stress psychosociaux, explique Nicholas Barden, jouent sans doute un rôle important dans la dépression, mais, comme dans le cas du diabète, il est possible d'hériter d'une susceptibilité à la maladie plutôt que de la maladie elle-même. » Finalement, même si la souris transgénique du CHUL est encore loin de démontrer le mécanisme d'une transmission héréditaire de la dépression bipolaire, elle n'en constitue pas moins un excellent modèle pour tester les médicaments antidépresseurs.

Si les scientifiques de domaines aussi diversifiés de la recherche attendent tellement des souris transgéniques, cela tient à la très grande similitude que l'on a découverte entre tous les êtres vivants. Ainsi, les proto-oncogènes, les anti-oncogènes et les oncogènes sont à peu près les mêmes pour tous. Le récepteur des glucocorticoïdes et son gène sont aussi identiques chez la souris, le rat et l'homme. Cette grande unité du vivant est l'une des principales leçons de la recherche génétique. Avec les souris transgéniques, il est maintenant possible d'observer chez un mammifère bien connu et facilement disponible l'effet de la modification, de l'inactivation ou du remplacement de n'importe quel gène.

Et, les constructeurs de souris transgéniques l'affirment, les résultats obtenus seront aussi valables pour les humains. □

TOUT SUR LA COMMUNICATION



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

- | | | |
|--------------------------|--|-------|
| ☐ | LA COMMUNICATION DANS LES ORGANISATIONS | 28 \$ |
| ☐ | LA CULTURE ORGANISATIONNELLE | 20 \$ |
| ☐ | LA RECHERCHE EN COMMUNICATION.
ÉLÉMENTS DE MÉTHODOLOGIE | 32 \$ |

TITRES À PARAÎTRE BIENTÔT

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

- | | |
|--------------------------|--|
| ☐ | MÉTHODES DE COLLECTE ET D'ANALYSE DE DONNÉES
EN COMMUNICATION |
| ☐ | TECHNIQUES ET DYNAMIQUE DE LA FONCTION «CONSEIL» |
| ☐ | ORGANISATIONS ET CONTEXTE QUÉBÉCOIS |
| ☐ | MÉTHODES DE PLANIFICATION DE LA COMMUNICATION
ORGANISATIONNELLE |
| ☐ | SYSTÈMES DE COMMUNICATION ET PRODUCTIVITÉ |
| ☐ | 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

- | | | |
|--------------------------|---|-------|
| ☐ | INTRODUCTION À LA COMMUNICATION | 30 \$ |
| ☐ | THÉORIES DE LA COMMUNICATION I :
HISTOIRE, CONTEXTE, POUVOIR | 29 \$ |
| ☐ | THÉORIES DE LA COMMUNICATION II : SENS, SUJET, SAVOIR | 30 \$ |
| ☐ | LES INDUSTRIES DE LA CULTURE ET DE LA COMMUNICATION | 35 \$ |
| ☐ | LA COMMUNICATION MASS-MÉDIATIQUE
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

- | | |
|--------------------------|---|
| ☐ | HISTOIRE DES COMMUNICATIONS |
| ☐ | COMMUNICATION ET MÉDIAS DE MASSE :
CULTURE, DOMINATION ET OPPOSITION |
| ☐ | TÉLÉCOMMUNICATIONS, RÉGLEMENTATION ET NOUVEAUX SERVICES |
| ☐ | 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

*La science recule sans cesse les limites de la spécialisation.
Mais pour Michel Serres, philosophe et historien des sciences,
les enjeux éthiques et planétaires sont trop importants.
Il est temps de rapatrier de l'histoire et des humanités
des visions plus synthétiques.*

RENCONTRE AVEC
**MICHEL
SERRES**
REDONNER À LA SCIENCE UNE VISION GLOBALE

Par Claire Chabot

Marin, mathématicien, alpiniste, philosophe, historien des sciences et poète, Michel Serres est un être aux mille facettes. Avec sa haute stature athlétique et ses soixante ans, il ressemble à un jeune sage. Ses cheveux blancs et mousseux comme l'écume de mer contrastent avec sa peau tannée par le soleil du Midi. Son sourire est celui d'un homme heureux. Il a la passion du savoir, un savoir philosophique qui puise dans les pensées anciennes et un savoir scientifique qui repousse sans cesse les limites de la connaissance. Refusant depuis toujours le militantisme politique ou écologique qui l'aurait privé, selon lui, de sa liberté de pensée, ce philosophe a pris un engagement moral envers l'humanité et la Terre. Ses réflexions ne sont pas des réponses à nos problèmes, mais des pistes sur lesquelles il nous invite à réfléchir.

Au début des années 60, Michel Serres fut parmi les principaux acteurs de la création, en France, d'une nouvelle discipline : l'histoire des sciences. Son ouvrage, *Éléments d'histoire des sciences*, met en parallèle des idées millénaires et des connaissances nouvelles, avec l'intention de démontrer que le progrès scientifique est une suite d'errances, de résultats, de techniques, d'héritages et d'intuitions mêlés à la quête du savoir. Écrit avec onze collaborateurs, dont plusieurs disciples, l'ouvrage retrace en 22 « bifurcations », de Babylone aux ordinateurs, le chemin qui nous a menés au monde d'aujourd'hui, dominé par les sciences et les techniques. L'originalité de l'approche de Michel Serres est issue de sa double formation de philosophe et de scientifique. Aujourd'hui, des chercheurs français se réclament ouvertement de sa pensée.



Eve-Lucie Bourque

Ses derniers ouvrages de philosophie ont reçu l'accueil enthousiaste d'un large public francophone. Dans une langue simple, il nous amène vers des sentiers difficiles, où se côtoient Platon et Galilée, la base spatiale de Kourou et les cordes des alpinistes sur les sommets enneigés. Le contrat naturel est un manifeste philosophique sur la nécessité d'établir un contrat entre l'Homme et la Nature. « Nous vivons des jours révolutionnaires, constate Michel Serres, où nous portons la charge de l'avenir de la Terre et la propagation de la vie. » Les lourdes responsabilités auxquelles nous serons confrontés appellent, selon lui, à un changement de notre éducation.

Dans Le tiers-instruit, le philosophe prône l'équilibre entre les connaissances issues de la culture, par l'étude des humanités, véritable « dépositaire de la douleur humaine », et les connaissances provenant du monde physique, par l'acquisition des sciences et l'exploration de la nature.

Professeur à la Sorbonne, en France, et à l'Université de Stanford, en Californie, Michel Serres a gardé l'accent chantant de la Gascogne. Nous l'avons rencontré dans un petit village, perché dans les montagnes de la Provence, sous le soleil du Midi.

Québec Science – Vous avez commencé une carrière scientifique comme mathématicien et vous êtes devenu par la suite philosophe et historien des sciences. Parlez-nous de ces passages.

Michel Serres – Je suis de la génération de l'après-guerre, de ceux pour qui la science a posé problème après Hiroshima. Un événement déterminant pour l'humanité, car nous portons désormais dans nos pouvoirs notre propre disparition. Comme scientifique, je m'étais d'abord intéressé aux théories mathématiques les plus spéculatives, mais, impressionné par les problèmes que posaient les sciences, je me suis tourné vers la philosophie. À la fin de mes études de philosophie, l'histoire des sciences s'est présentée à moi comme le terrain idéal pour ma double formation de philosophe et de scientifique. C'était une discipline assez rare et qui s'enseignait assez peu.

QS – Quelle approche avez-vous développée de l'histoire des sciences ?

MS – En France, les historiens des sciences étaient de purs scientifiques qui ne faisaient qu'étudier le développement des théorèmes et des inventions. À la fin des années 50, nous avons été parmi les premiers à analyser ce que fut l'histoire des sciences dans l'histoire générale, l'histoire des idées, l'histoire sociale et celle des communautés. Et, pour la première fois, nous avons posé des questions éthiques en relation avec le développement scientifique. Aujourd'hui, c'est à la mode mais, dans ce temps-là, peu de gens le faisaient.

QS – Vous êtes un des rares philosophes et scientifiques à avoir développé une vision globale des problèmes que pose la science, à l'heure où celle-ci privilégie la spécialisation.

MS – Les universités donnaient une prime aux spécialités très pointues, ce qui est normal, car en sciences on réussit d'autant mieux qu'on est spécialiste. D'autre part, la philosophie a été pendant très longtemps une discipline du local et du détail ; elle s'interdisait les visions globales. Mais nous avons tellement exploré des lieux pointus, que nous en sommes au moment où il faut recommencer à avoir des visions plus synthétiques. C'est obligatoire. Ainsi, la NASA a mis sur pied un grand programme, appelé Changement climatique global. Se pourrait-il que nous dérangions les équilibres globaux, thermiques et biologiques de la planète ? Ce sont là des questions globales que nous aurons à résoudre.

QS – Pourrons-nous, en même temps que nous continuons à rechercher les preuves irréfutables qu'exige la méthode scientifique, prendre de grandes décisions qui bouleverseront notre façon de vivre ?

MS – Détailler chaque point est une méthode très précise et estimable. Je suis presque de cette culture-là. Mais il faut maintenant changer de vitesse, car nous avons des responsabilités de type global, même du point de vue physique et biologique. Il n'y a pas de projets plus globaux que les projets scientifiques, aujourd'hui. Le séquençage du génome humain, par exemple, met en question le diagnostic prénatal, le choix du sexe, c'est-à-dire la vie avec un grand V. On est en train de faire la somme des connaissances. C'est ça, le changement de vitesse récent. Qu'on soit prêt ou non, il faut le faire.

QS – Vous parlez du divorce entre l'histoire des sciences et l'histoire plus générale. Longtemps, la science n'a intéressé qu'un petit nombre de personnes.

MS – Cela s'en vient. La popularité de votre compatriote Hubert Reeves est un signe des temps. Les gens commencent à voir que dans les sciences exactes se trouve une partie de notre destin. L'humanité occidentale s'est donné le projet très précis de toujours pousser plus loin ces sciences-là, et on est obligé d'en voir les conséquences.

QS – D'accord pour l'importance qu'on doit accorder à l'étude des sciences, mais est-ce que l'étude de l'histoire des sciences apporte un éclairage particulier lorsqu'on recherche des solutions concrètes ?

MS – Au moment de poser des questions globales, on ne doit pas seulement envisager l'espace, c'est-à-dire la totalité du globe, mais aussi la totalité du temps. On doit retourner à des idées qui viennent de la tradition très ancienne. C'est ce que font la philosophie et l'histoire des sciences. Mais pour les scientifiques, ça ne va pas toujours de soi. C'est du reste une difficulté qui vient de notre enseignement des sciences. Peu de professeurs de science ont en même temps le souci de présenter à leurs étudiants la petite histoire des développements scientifiques. Les scientifiques sont toujours étonnés, quand on leur dit que telle idée date de 2000 ans, par exemple, alors qu'ils croyaient qu'elle datait d'hier matin. Si les littéraires n'ont pas tellement de culture scientifique, inversement, les scientifiques connaissent peu leurs humanités. Je crois qu'il faut mettre en parallèle des idées très anciennes et d'autres plus récentes.

QS – Quelle réalisation scientifique risque de bouleverser notre vision du monde ?

MS – Pour la première fois, nous pouvons photographier toute la planète. On a découvert notre planète, et cette découverte a une très grande importance ; c'est la plus grande découverte contemporaine. Cette planète, c'est le bateau sur lequel on est embarqué, et on ne l'avait jamais vu en entier.

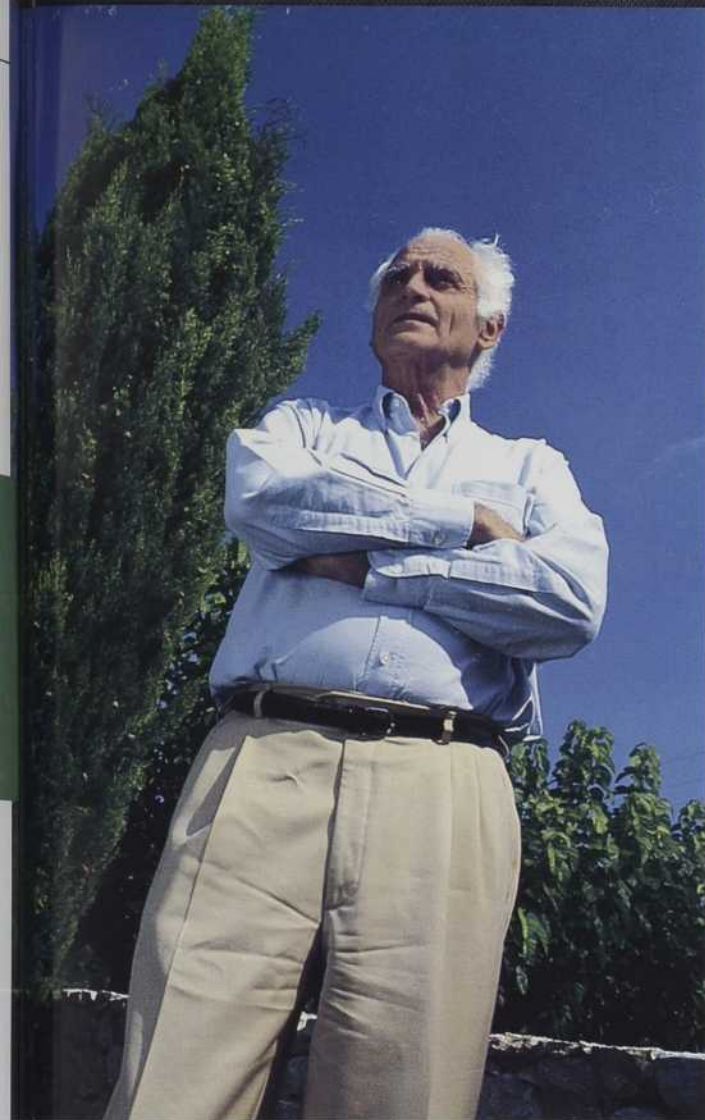
**« Ou les sciences dures
feront un monde inhumain,
ou les sciences humaines
feront un monde sans objets.
Et c'est absurde ! »**

QS – Il y a quelques années, vous êtes retourné sur les bancs d'école pour faire des études de droit. Le contrat naturel est une réflexion originale, qui met en parallèle le droit et la science. Pourquoi avoir choisi d'approfondir le domaine juridique en particulier ?

MS – Un jour que je travaillais dans mon bureau, je reçois un appel du ministre de la Justice. C'était il y a dix ans, à une époque où on commençait à parler des mères porteuses et des embryons congelés. Le ministre m'explique qu'il commence à avoir de sérieux problèmes face aux tribunaux et que, n'ayant pas de texte de loi approprié, il fallait en rédiger un au plus vite. Nous devions élaborer le droit qui puisse régler des problèmes scientifiques. Alors j'ai été confronté tout de suite à des questions qui mettaient en parallèle des obligations juridiques et des problèmes scientifiques. Il a fallu consulter des biologistes, des médecins, des mères de famille, des syndicalistes, des religieux pour obtenir leur éclairage sur toute cette question. De plus en plus, la science posera des problèmes de droit.

QS – Nous devons aussi élaborer des règles d'éthique face au progrès scientifique.

MS – Nous pourrions savoir, à quelques semaines seulement, quelles sont les caractéristiques précises de l'enfant dans le ventre de la mère : son sexe, ses particularités pathologiques et normales. Nous pourrions le savoir, et lorsque l'on dit « pourrions », c'est vraiment d'un pouvoir qu'il s'agit. Si un enfant a une grave maladie, on dira aux parents : « Vous aviez la possibilité de savoir qu'il avait cette maladie. » Donc vous êtes responsables. Alors à six ou huit semaines, vous devrez faire examiner votre futur enfant. On passe de « vous pouvez savoir », à « vous devrez savoir », parce que nous sommes responsables, devant l'enfant, de sa maladie. Le problème du pouvoir de la science devient immédiatement un problème de devoir moral. Tout d'un coup, le pouvoir technologique se recouvrira d'un



Eve-Lucie Bourque

grand devoir. Il ne dépend plus de nous que tout dépende de nous !

À mesure que nous développerons notre capacité d'agir sur l'environnement, nous devrons l'administrer, la gérer. Par conséquent, ce pouvoir deviendra aussi un devoir. Tous les verbes que nous conjugaisons avec « pouvoir » se conjugueront avec « devoir ». Nous sommes dans la phase du retournement. Ainsi, la science deviendra une morale. C'est étrange, car personne ne s'attendait à ça, et c'est quand même un résultat extraordinaire.

QS – Êtes-vous optimiste face à cette nouvelle réalité ?

MS – Je suis optimiste, parce que la vie me rend optimiste. Mais je dois répondre « non ». Ce seront des problèmes redoutables ! À partir du moment où l'on pourra décider de tout, on devra décider de tout.

QS – À une époque où la morale est éclatée !

MS – La morale n'existe plus, mais elle reviendra très vite. Je dis souvent qu'après la guerre, dans les années 50 et 60, deux ou trois générations sont venues, qui ressemblaient aux dieux. Ces générations divines, à la consommation heureuse, ont été les seules de l'histoire qui ont eu la possibilité de tout faire. Le progrès technologique allait régler tous nos problèmes, donner naissance à la société des loisirs. Ces générations ont aboli l'étude des Humanités, comme on jette une chose désuète. Les générations qui suivent ne pourront plus tout faire.

QS – Dans *Le contrat naturel*, vous critiquez sévèrement les sciences sociales. Vous écrivez : « Les sciences sociales n'ont de finalités que policières, de méthodes qu'informationnelles et d'histoire qu'archaïque. » N'êtes-vous pas un peu sévère, devant des sciences qui ont pour objet ou sujet l'être humain dans toute sa complexité ?

MS – Je suis un peu sévère, et on m'a reproché cette sévérité à l'égard des sciences humaines. Elle est peut-être excessive, mais elle est assez réfléchie, tout de même. Bien sûr, ces sciences nous ont beaucoup appris. Il est vrai qu'elles ont transformé notre vision du monde. C'est évident. Ce n'est pas tant aux sciences humaines que j'en veux qu'aux philosophes qui ne connaissent que les sciences humaines, c'est-à-dire qui ne prennent leurs informations que dans les sciences humaines.

QS – Mais on assiste depuis quelques années à l'émergence d'un pont entre les sciences humaines et naturelles, particulièrement dans les domaines de l'environnement, de la santé, du travail.

MS – C'est commencé, en effet. Bien avant d'écrire *Le tiers-instruit*, j'ai toujours cru à la nécessité pour les sciences humaines de puiser dans les sciences naturelles et physiques. On a les sciences dures qui parlent du monde sans hommes et les sciences humaines qui parlent de l'Homme sans monde.

QS – En général, les biologistes, les chimistes, les physiciens sont très sceptiques, face aux recherches en sciences humaines. L'objet est dur à cerner, les méthodes de recherche ne sont pas les mêmes.

MS – Ce n'est pas seulement ça. Ils s'ignorent complètement, et c'est pourquoi *Le tiers-instruit* est le livre le plus important que j'aie écrit, car il résume vraiment le problème. S'il n'y a pas d'instruction réellement à double foyer, sciences dures et sciences humaines, alors on ne comprendra rien. Ou les sciences dures feront un monde inhumain, ou les sciences humaines feront un monde sans objets. Et c'est absurde.

QS – Bien que vous n'exprimiez pas votre vision personnelle de la foi, en relation avec votre vie de scientifique et de philosophe, on voit beaucoup de tentatives d'intégration dans le discours scientifique des éléments de religion et de croyance. Est-ce compatible ?

MS – Jusqu'au 17^e siècle, la religion a eu, tout comme la science, des exigences rationnelles de démonstration. L'irrationnel est tout à fait récent, à partir du 19^e siècle. Très souvent, la religion et la science mènent à des questions globales et vitales. Même si souvent elles s'opposent, elles finissent par poser des questions parallèles. D'ailleurs, ce n'est pas par hasard que la science soit née en Occident, dans une civilisation d'inspiration chrétienne. De loin, on peut dire que le christianisme, l'approche chrétienne du monde, a favorisé le développement de la science moderne, même si, de près, leurs relations étaient souvent conflictuelles. En tout cas, le rapport entre ces deux approches est intéressant à décrypter, malgré cette rivalité, car je crois qu'il y a toujours plus qu'une source de lumière. Il en faut deux, trois ou quatre. L'une d'elles doit venir de la science, mais tous les marins vous diront que ce n'est pas avec un seul phare qu'on se dirige, qu'il en faut deux ou trois pour faire le point. □

LE SECOND SO

**Nos trains de passagers sont moribonds.
Le train à grande vitesse
pourrait-il donner chez nous sa pleine mesure ?
Deux techniques s'affrontent
pour le corridor Québec-Windsor.
Québec Science fait le point.**

Par Yvon Larose

En novembre 1991, le gouvernement canadien, de concert avec les gouvernements du Québec et de l'Ontario, commandait une étude de faisabilité de 6 millions de dollars sur l'implantation d'une technologie ferroviaire à grande vitesse dans le corridor Québec-Windsor. Long de quelque 1 500 kilomètres, ce corridor traverse la zone la plus densément peuplée du pays.

Cet intérêt des autorités pour la relance du transport de passagers par train s'explique aisément. Les trains à haute vitesse existent depuis nombre d'années au Japon et en France, où ils remportent un authentique succès, sur les plans tant technique que commercial. Ainsi, le Shinkansen japonais, inauguré en 1964, dessert chaque jour quelque 300 000 passagers sur la seule ligne Tokyo-Osaka (550 km), à une vitesse maximale de 220 kilomètres/heure. Pour sa part, le Train à grande vitesse français (TGV), lancé en 1981, a transporté 33 millions de voyageurs en 1991. Sa version Atlantique, mise en service en 1989, atteint une vitesse de croisière de 300 km/h.

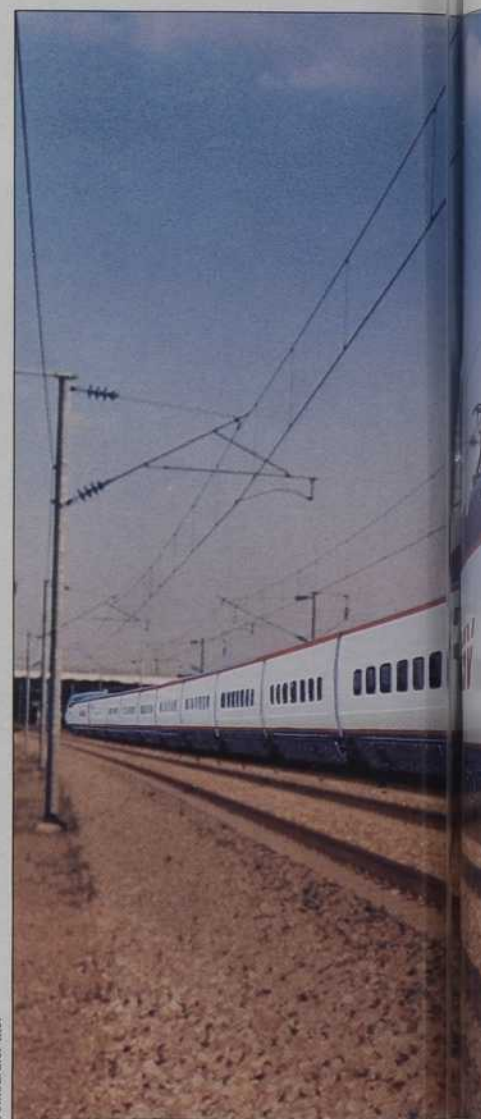
UN TRAIN ÉLECTRIQUE POUR GRANDES PERSONNES...

Les avantages offerts par la grande vitesse sur rails sont nombreux. Parce qu'elle fait appel à l'électricité, cette technologie ne produit aucune pollu-

tion atmosphérique. À condition de voyager à pleine capacité, ces trains consomment cinq fois moins d'énergie que l'avion et deux fois et demie moins d'énergie que l'automobile, pour chaque kilomètre-voyageur. Un train comme le TGV Atlantique consomme environ un litre d'équivalent-pétrole aux 100 km par siège offert. En outre, à 300 km/h, ce train n'émet au passage qu'un bruit de 90 décibels, comparable à celui d'un train traditionnel filant à 140 km/h (92 dB).

Enfin, contrairement à ce qu'on pourrait croire, grande vitesse est bel et bien synonyme de grande sécurité. À preuve, le Shinkansen n'a enregistré aucune perte de vie en plus de 25 ans de service, tandis que le TGV n'a été impliqué dans aucun accident. Ces dossiers impressionnants portent un dur coup à l'automobile, responsable chaque année de 54 000 morts et de 1,7 million de blessés, dans les 12 pays de la Communauté économique européenne...

Outre le Shinkansen et le TGV, on trouve à l'heure actuelle deux autres trains à haute vitesse en service dans le monde, soit le X 2000 suédois et l'InterCity Express (ICE) allemand. Entré en service en 1990, le premier peut atteindre une vitesse maximale de 210 km/h. Quant au second, inauguré en 1991, il est capable d'une vitesse de plus de 400 km/h. Sa vitesse commerciale maximale est toutefois limitée



à 250 km/h. En Europe, de nouvelles lignes de transport ferroviaire à grande vitesse sont en chantier, en France, en Espagne et en Angleterre (TGV), ainsi qu'en Italie (ETR 500) et en Suisse (Bahn 2000).

L'UNE TIRE, L'AUTRE POUSSE

Au Canada, deux constructeurs européens sont présentement en lice pour implanter un train à haute vitesse dans le corridor Québec-Windsor. Ce sont, d'une part, le groupe franco-britannique GEC-Alsthom, associé pour la circonstance à la firme québécoise Bombardier, et, d'autre part, le groupe suédo-

FFLE DU TRAIN



Ci-dessus, le TGV qui nécessite des voies rectilignes spécialement aménagées et, à droite, le X 2000 qui utilise, en version améliorée, celles déjà existantes.

helvétique Asea Brown Boveri (ABB), représenté par sa filiale ABB Canada.

Les modèles proposés sont respectivement le TGV Atlantique et le X 2000, rebaptisé Sprintor dans sa version canadienne. Tandis que le premier (comme le Shinkansen et l'ICE) roule sur des voies ferrées rectilignes spéciales, le second utilise des infrastructures existantes et améliorées. Le TGV Atlantique est propulsé par deux motrices (locomotives), placées à ses



ABB Canada

extrémités, l'une tirant, l'autre poussant. Le Sprintor, plus court, n'utilise qu'une seule motrice. Reprenant le concept du tramway, ces deux trains à haute vitesse sont alimentés en énergie électrique par un fil conducteur suspendu au-dessus de la voie.

Financièrement, le groupe franco-britannique évalue le coût total de son projet à 6,5 milliards de dollars, comparativement à 3,5 milliards pour son concurrent suédo-helvétique. De part et d'autre, on estime que les retombées industrielles pour le Canada correspondront à plus de 85 % du coût d'ensemble. Sur le plan des performances, le TGV relierait le centre-ville de Montréal à celui de Toronto en 2 h 40, comparativement à 2 h 50 pour le Sprintor. Présentement, le train express de Via Rail Canada effectue le même trajet en 4 h 10...

PEU DE FRICTION

En technologie ferroviaire, lorsqu'on parle de vitesse, on pense inévitablement au record du monde établi le 18 mai 1990, en France, par la rame 325 du TGV Atlantique. Cette rame de série modifiée avait alors atteint la vitesse de 515,3 km/h. L'étude de la voie et du matériel roulant n'avait ensuite révélé aucune anomalie relative au roulement. En fait, les seuls problèmes, mineurs, sont apparus au niveau du système de captage du courant, au moment où le train franchissait la barre des 500 km/h.

Cette performance donne une bonne idée du potentiel derrière le contact roue/rail. Pourtant, comme l'explique Jules Pleau, directeur chez Bombardier des projets TGV pour l'Amérique du Nord, on a cru longtemps que ce type de technologie avait atteint sa vitesse limite. « Logiquement, mais un peu naïvement, on pensait que pour atteindre de véritables grandes vitesses, il fallait éviter tout frottement entre la roue et le rail, dit-il. Donc, on croyait que seules les technologies sur coussin d'air ou sur champ magnétique pouvaient permettre d'atteindre ces vitesses. Or, le record du TGV a prouvé que la limite se situe plutôt au niveau de l'énergie requise, du captage du courant et de l'aérodynamisme du train. »

LA GRANDE VITESSE EN CHIFFRES



LE TGV ATLANTIQUE



LE SPRINTOR

Motrice

Nombre	2	1
Moteurs de traction par motrice	4	4
Puissance d'un moteur	1 100 kW	815 kW
Masse unitaire	67,8 t	72 t
Masse par essieu le plus chargé	17 t	17,5 t
Diamètre nominal des roues	0,9 m	1,1 m

Voitures passagers

Nombre	10	4
Longueur hors tout	18,7 m	24,4 m
Largeur maximale	2,9 m	3,0 m

Rame*

Longueur	237,5 m	140 m
Masse en charge normale	490 t	343 t
Places assises	485	254
Système de courant	25 000 v	15 000 v
Puissance continue	8 800 kW	3 260 kW
Vitesse maximale	300 km/h	210 km/h

* Une rame TGV comprend un nombre prédéterminé de voitures passagers. Il est cependant possible de coupler à la rame du TGV Atlantique une seconde rame, identique à la première, ce qui permet de doubler la capacité de transport. Le modèle proposé au Canada compte 2 motrices et 10 voitures passagers. D'autre part, la configuration variable du Sprintor permet de remplacer par une seconde motrice la voiture pilote, située à l'extrémité arrière de la rame ; le nombre de voitures passagers peut alors être porté de 4 à 12.

Les ingénieurs de GEC-Alsthom sont actuellement engagés dans un programme de recherche de 100 millions de dollars visant à créer le TGV de l'an 2000. Selon M. Pleau, ce train de l'avenir devrait rouler à une vitesse commerciale de 350 km/h et « ne devrait pas consommer plus d'énergie que le TGV Atlantique. La recherche porte sur des moteurs plus légers et plus puissants, sur le remplacement de l'acier inoxydable par des matériaux composites, pour tenter de faire passer la charge à l'essieu de 17 à 16 tonnes, et sur un freinage amélioré grâce à des composants carbone-carbone, les matériaux actuels ayant atteint leur limite. »

PORTES ET FENÊTRES PROFILÉS

Pour permettre au TGV Atlantique et au Sprintor de fendre l'air tout en dépensant le moins d'énergie possi-

ble, leurs concepteurs ont porté une attention spéciale à l'aérodynamisme des rames. Chez ABB, on a moulé les extrémités de la motrice et de la voiture de queue du Sprintor dans du plastique renforcé de fibre de verre. On a aussi profilé, dans l'alignement de la carrosserie, les portes, les fenêtres et les passerelles reliant les voitures passagers.

De son côté, GEC-Alsthom a développé un concept original : celui de la rame articulée, avec un seul bogie entre deux voitures. Le bogie est ce chariot à deux essieux et quatre roues qui permet à une voiture passagers de prendre les virages. Habituellement, on retrouve un bogie à l'extrémité avant et un autre à l'extrémité arrière du châssis de chaque voiture. Sur le TGV, un même bogie relie deux voitures.

Comme le souligne Jules Pleau, ce concept limite considérablement le déplacement latéral des voitures

passagers l'une par rapport à l'autre et diminue, de ce fait, l'exposition de la rame à la pression du vent. « Notre bogie permet une stabilité presque parfaite, dit-il. D'ailleurs, il n'y a aucune porte entre deux voitures et on se promène à l'intérieur comme dans un couloir continu. »

Mais l'aérodynamisme ne suffit pas. La performance sur rails passe aussi par l'allègement de la masse et par la puissance des moteurs. Pour cela, la structure du TGV Atlantique et du Sprintor est faite d'acier inoxydable, plutôt que de métal, tandis que leurs motrices sont équipées de moteurs de traction ultramodernes à induction triphasés.

RAILS PROFILÉS OU TRAINS INCLINABLES ?

Qu'il s'agisse de négocier un virage, de monter en vitesse au départ ou de baisser le régime à l'approche de la gare, un train ne peut pas rouler à sa vitesse maximale sur la totalité du trajet.

Chez GEC-Alsthom, on a choisi d'optimiser la vitesse moyenne du TGV par l'utilisation d'une voie spéciale rectiligne, faite de rails profilés

et soudés entre eux. Lorsqu'il doit virer, ce train le fait dans des courbes dont le rayon s'étend sur au moins 4 000 mètres, ce qui n'affecte en rien sa vitesse de croisière. Résultat : sur le trajet Paris-Le Mans, d'une durée totale de 54 minutes, le TGV Atlantique maintient sa vitesse maximale de 300 km/h durant environ 44 min.

Le train suédois roule quant à lui sur des voies traditionnelles. Ce qui ne l'empêche pas, en Suède, de parcourir actuellement le trajet Stockholm-Gothenburg (453 km) en 2 h 55, et le rend concurrentiel avec l'avion (2 h 45 d'un centre-ville à l'autre) et supérieur à l'automobile (environ 5 h). Comment une telle performance est-elle possible, dans un pays qui impose aux trains une vitesse maximale de 200 km/h ? « Essentiellement grâce à des bogies à direction radiale et à un système d'inclinaison dynamique », répond Zelko Lendich, directeur général du groupe Transport, chez ABB Canada.

Selon M. Lendich, atteindre de grandes vitesses sur un parcours rectiligne n'est pas particulièrement difficile. « Le véritable défi technologique, poursuit-il, a été pour nous de trouver un moyen de rouler très rapidement

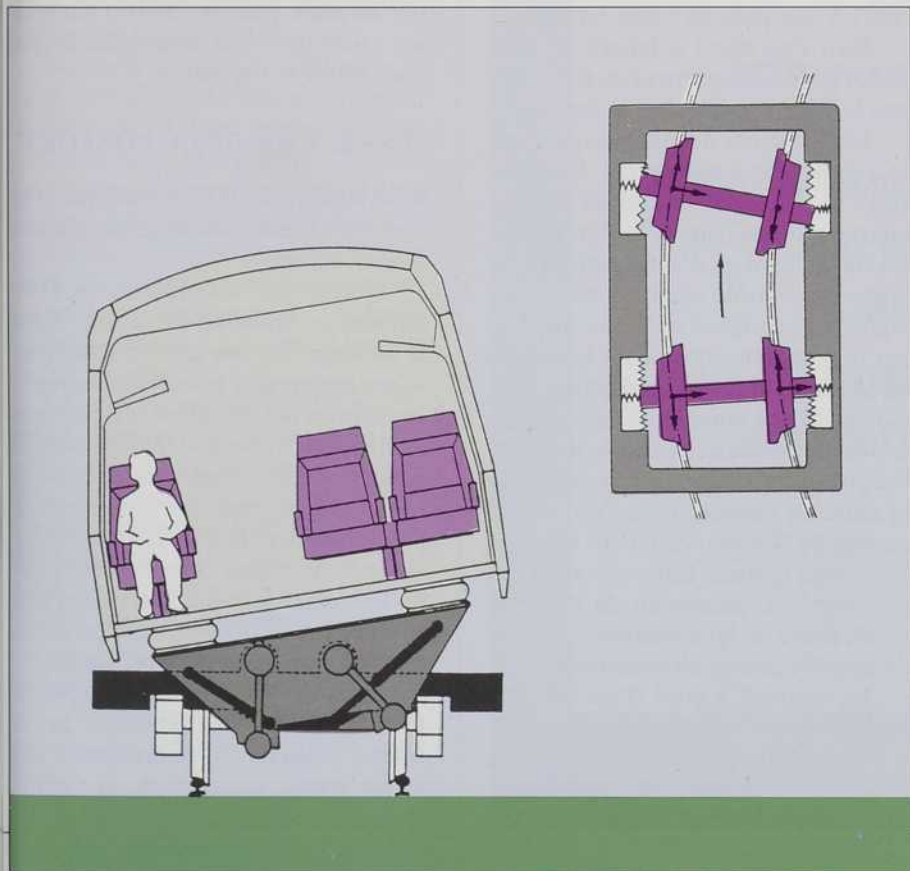
dans les courbes et sur les voies existantes. »

Dans une courbe, le bogie classique, équipé d'essieux rigides, expose ses roues à un niveau élevé de friction au contact des rails. Cette situation entraîne une perte de vitesse du train. Face à ce problème, ABB a conçu un bogie à direction radiale. Des cylindres hydrauliques et quatre dispositifs de compensation (*pendulum links*) permettent aux deux essieux du bogie de répondre de façon individuelle, automatique et articulée à la courbe. En maintenant le degré de friction à des niveaux très bas, le train peut négocier les courbes à une vitesse de 30 à 40 % supérieure à celle des trains équipés de bogies traditionnels. Chez ABB, on a calculé que la vitesse accrue dans les courbes était responsable d'environ un tiers des gains de temps sur la ligne Stockholm-Gothenburg.

UN BON RAYON D'ACTION

Mais, comme l'explique Zelko Lendich, il ne sert à rien de filer à vive allure dans une courbe, si l'on ne tient pas compte, en même temps, de l'impact qu'aura la vitesse sur le confort des passagers. Pour cette raison, les ingénieurs d'ABB ont innové, en mettant au point un mécanisme hydraulique appelé système d'inclinaison dynamique.

Localisé sous le plancher des voitures passagers, ce système reçoit les informations pertinentes d'un détecteur d'accélération latérale, placé dans le bogie de tête. Ces données lui permettent de réduire de 70 % la force centrifuge à laquelle est soumis le passager. L'angle d'inclinaison maximal des voitures passagers peut atteindre 6,5 degrés. Pourquoi 70 % de compensation et non davantage ? « Parce que durant les essais à 100 % de compensation, nous avons observé que les gens ressentaient un malaise à voir le train négocier un virage, sans en éprouver



Tandis que le système d'inclinaison dynamique des wagons assure le confort des passagers du Sprintor, les bogies à direction radiale dont il est équipé permettent de négocier les courbes à une vitesse élevée, ce qui accroît sa performance.

la sensation, répond M. Lendich. À 70 %, la sensation, même très atténuée, est quand même là. »

Le concept de train inclinable remonte aux années 70. Quelques pays, dont la Suède et l'Italie, s'y étaient vivement intéressés. Au Canada, la firme Bombardier avait du reste développé sa propre version du train inclinable, en mettant au point le train LRC (léger, rapide, confortable). Ce train diesel dessert aujourd'hui le corridor Québec-Windsor.

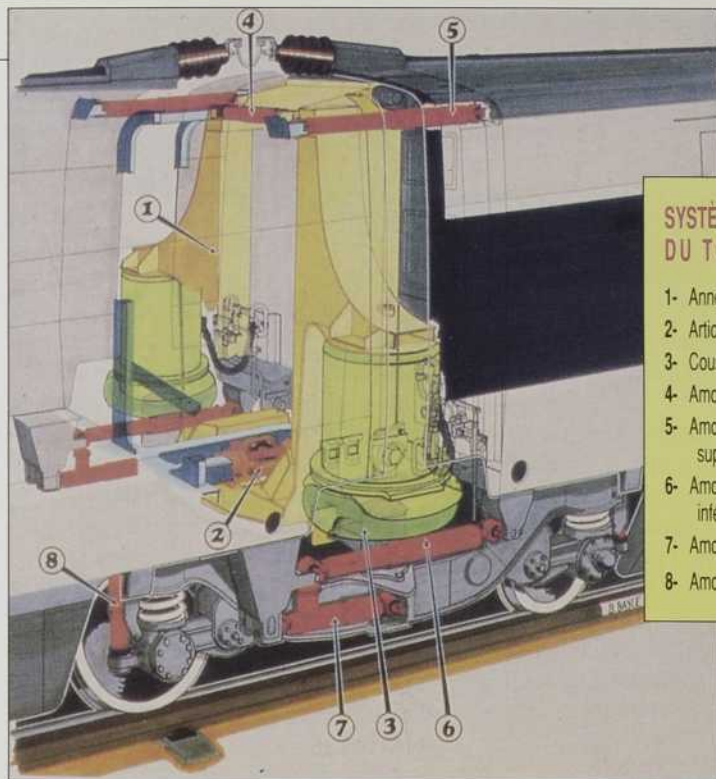
Tout comme le LRC québécois, le X 2000 a été développé selon les exigences de la Société des chemins de fer suédois, afin de limiter au minimum ses dépenses d'infrastructures. Zelko Lendich soutient que l'expertise et les ressources d'ABB lui permettraient sans problème de modifier la technologie du X 2000 pour qu'il atteigne une vitesse commerciale de 300 km/h ou plus, sur des voies spéciales. Un pas important en ce sens a été franchi en août 1991, en Suisse, alors que le train suédois atteignait 250 km/h lors d'essais sur une voie spéciale.

LA SAO - SÉCURITÉ ASSISTÉE PAR ORDINATEUR

À bord du TGV Atlantique et du Sprintor, la sécurité des passagers est remarquable. Un réseau de microordinateurs, alimenté par une multitude de microprocesseurs, disséminés sur l'ensemble de la rame, assure une surveillance automatique et permanente des fonctions du train.

Du freinage au système de climatisation, de la stabilité des bogies à la traction, l'informatique et l'électronique embarquées permettent au conducteur d'exercer un contrôle intégré sur tout, y compris sur le fonctionnement des portes, le glissement des roues et la détection des défaillances en cours de trajet. Le pupitre de la cabine de pilotage est d'ailleurs truffé de boutons, de manettes, de cadrans et d'écrans électroluminescents, qui assistent le conducteur dans sa tâche et qui ne sont pas sans rappeler le tableau de bord d'un avion.

Comme le souligne Jules Pleau, le volume considérable d'informations transmises par les microprocesseurs



SYSTÈME DE SUSPENSION DU TGV ATLANTIQUE

- 1- Anneau porteur
- 2- Articulation sphérique
- 3- Coussins pneumatiques
- 4- Amortisseur antiroulis
- 5- Amortisseur longitudinal supérieur entre les voitures
- 6- Amortisseur longitudinal inférieur entre les voitures
- 7- Amortisseur antigalop
- 8- Amortisseur antitangage

permet à l'ordinateur central de bord d'effectuer des autodiagnostic. « C'est le même principe, mais en plus complexe, que l'ordinateur dans les automobiles d'aujourd'hui, explique-t-il. Chaque roue a son mécanisme anti-enrayage, chaque voiture passagers est équipée de microprocesseurs pour le système électrique, etc. D'ailleurs, il y a autant d'informatique et d'électronique embarquées à bord d'une rame de TGV que dans un avion Airbus. »

Rien n'est laissé au hasard, à l'intérieur comme à l'extérieur de trains tels que le TGV Atlantique et le Sprintor.

Les systèmes de signalisation perfectionnés, qui desservent les deux types de voies, sont en contact direct et constant, d'une part, avec l'ordinateur central de bord et, d'autre part, avec le poste de contrôle central à terre. Des signaux électriques continus, courant sur la voie, renseignent sur la vitesse de la rame, la présence d'objets, etc. Advenant une situation d'urgence, où le conducteur serait incapable de réagir malgré les avertissements lancés par le système de signalisation, l'ordinateur central du Sprintor arrêterait automatiquement le train. Dans une situation similaire, les concepteurs du TGV ont plutôt choisi de faire intervenir le poste de contrôle central du réseau.

La sécurité à bord d'un train en marche passe, bien entendu, par un système de freinage très efficace. C'est pourquoi, contrairement aux trains

traditionnels, les technologies ferroviaires à grande vitesse répartissent l'effort de freinage également sur l'ensemble des roues d'une rame. Cela est rendu possible grâce au système de freins à disques que possède chaque bogie, « une innovation, souligne M. Pleau, qui contribue grandement à la durée de vie d'une roue. Les roues du TGV peuvent ainsi rouler sur 2,4 millions de kilomètres, comparativement à quelque 530 000 km pour les roues de trains traditionnels que nous avons au Canada. »

LES ÉLÉMENTS DU CONFORT

Côté confort, le TGV Atlantique et le Sprintor offrent aussi toute une gamme d'innovations.

Protégé par des clôtures, le TGV Atlantique traverse en droite ligne le paysage. Sur son parcours, des passages souterrains pour les voitures et les piétons ont remplacé les passages à niveau d'autrefois. Au départ, la douceur de roulement est telle que le train s'ébranle sans que le passager en ait conscience. Des rails soudés, qui abaissent le niveau de frottement, ainsi qu'une plate-forme très stable et une suspension secondaire de type pneumatique expliquent cette performance.

La suspension a comme rôle de filtrer les vibrations produites par le contact roue/rail. Or, contrairement aux autres trains, la caisse de la voiture

du TGV Atlantique ne s'appuie pas directement sur le bogie, mais bien sur un diaphragme à flexibilité variable. En contact avec un réservoir d'air, ce diaphragme, lorsqu'il y a mouvement latéral ou longitudinal, absorbe les chocs et favorise le confort de roulement.

À bord du train, le confort passe également par des sièges antivibration et par une climatisation silencieuse. Les concepteurs ont aussi pensé au conducteur, dont le siège peut être ajusté, voire fixé à l'arrière de la cabine pour la conduite en position debout.

Un peu moins doux au roulement à cause des rails traditionnels, le X 2000 (Sprinter) réagit par contre très bien à la rigueur du climat hivernal du nord de la Suède, un aspect important pour le Canada. Le pantographe, cet appareil placé sur le toit de la motrice et qui transmet le courant électrique au train, comme le système d'inclinaison dynamique, toutes les parties vitales du X 2000 ont démontré leur parfaite adaptabilité au froid nordique. Les voitures peuvent assurer le confort des passagers à plus de 200 km/h et par une température extérieure de -40°Celsius. Recouvertes d'une épaisse paroi isolante d'environ 10 centimètres, les voitures disposent d'un système de chauffage par convection, commandé par des thermostats.

Une autre originalité : ABB a mis au point le système de propulsion asynchrone du X 2000, qui permet, en situation de freinage, de régénérer complètement l'énergie électrique utilisée et de la retourner à la caténaire (système de suspension du fil électrique au-dessus de la voie). En plus des freins à disques, les bogies de ce train sont équipés de freins électromagnétiques, qui serrent les rails lors du freinage.

Les experts calculent qu'une technologie ferroviaire à grande vitesse attirerait plus de cinq millions d'usagers annuellement sur la seule ligne Québec-Toronto. Imbattables pour relier les centres-villes, des trains tels que le TGV Atlantique et le Sprintor sont à la fois rapides, sûrs et confortables. Économiques et écologiques, ces technologies sont devenues, à l'étranger, de redoutables concurrents de l'avion et de l'automobile. En sera-t-il de même chez nous ? □

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

LA MÉMOIRE DES COMBES À NEIGE

Par Sylvain Lamoureux

Dans le Grand Nord, la neige ne se retire pas partout en même temps.
Là où elle dure jusqu'en juillet, elle cache de véritables jardins subarctiques.
Mais elle cache aussi, plus profondément encore,
l'histoire climatique du territoire.

À la mi-juillet, un survol des régions subarctiques du Québec permet d'observer une multitude de taches blanches, variant de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres de diamètre. Reliques estivales de la saison froide, ce sont des combes à neige, des dépressions plus ou moins profondes, où la neige tarde à fondre. Quand ces îles blanches vont se dégager enfin, elles mettront à jour une flore d'une richesse insoupçonnée. Lieu d'une biologie fascinante, elles peuvent aussi nous servir à remonter le temps.

En Europe, on les trouve dans les replis du flanc nord des montagnes. Ici, elles se situent dans les basses terres du Nord québécois, à la hauteur du lac à l'Eau Claire, au nord de la Grande rivière de la Baleine.

DES JARDINS SUBARCTIQUES

Au Québec, les combes à neige ont d'abord attiré l'attention des écologistes en raison de leur flore particulière. Dès les années 50, le botaniste Jacques Rousseau mentionnait ces assemblages floristiques uniques. Puis,

à partir des années 70, l'écologiste Serge Payette et son équipe du Centre d'études nordiques de l'Université Laval ont étudié leur écologie et fait ressortir leur potentiel de machine à remonter le temps. En effet, en raison de leur grande sensibilité aux fluctuations climatiques, leur sol et leur végétation regorgent d'indices précieux sur la nature et l'intensité des perturbations écologiques qui les ont façonnées au cours des millénaires. Les combes sont le livre d'histoire des écosystèmes nordiques.

La végétation des combes à neige se dispose de façon bien particulière. Elle forme généralement une série de bandes parallèles ou concentriques. Ce phénomène s'observe facilement, puisque chaque bande de végétation arbore une couleur bien distincte. Les bandes périphériques sont colonisées par des espèces plus ou moins tolérantes à la persistance de la neige. Au centre, où l'accumulation est maximale, il ne restera plus souvent que quelques hépatiques, plantes sans racines, voisines des mousses, et parfois même un sol nu, totalement dépourvu de végétation, tellement la saison de croissance y est réduite.



Selon l'accentuation des pentes, la topographie de la combe favorisera la présence d'un nombre variable de plantes dites chionophiles, c'est-à-dire « qui aiment la neige ». Par exemple, réduites à leur plus simple expression à proximité de la limite des arbres, les combes de la rivière aux Feuilles (qui se jette dans la baie d'Ungava) ne possèdent qu'une seule bande de végétation chionophile. Le saule herbacé, arbuste minuscule, et le stéréocaulon, curieux lichen gris en forme de glomérules agglutinés, y dominent, entourés de part et d'autre par une bande de bouleaux glanduleux, une espèce naine. À l'opposé, les combes les plus différenciées, du point de vue écologique, se composent de nombreuses bandes. De la périphérie, en allant du haut vers le bas, on trouve la bande à bleuet subarctique, la bande à saule herbacé et stéréocaulon, la bande à calamagrostis du Canada, une herbe vivace de forte taille, le tout



Serge Payette

Dans les milieux exposés, en périphérie des combes à neige – telle cette grande combe du golfe de Guillaume-Delisle –, on retrouve souvent le silène acaule (Silene acaulis).



Sylvain Lamoureux

entouré d'une colonie de bouleaux glanduleux.

La richesse floristique de certaines combes réserve souvent d'étonnantes surprises aux observateurs perspicaces. Dans le golfe de Guillaume-Delisle, à l'ouest du lac à l'Eau Claire, sur les rives de la baie d'Hudson, les sols bien pourvus en éléments nutritifs sont parfois le lieu d'extravagances surprenantes, dans les jours suivant la disparition du couvert nival. On y observe alors des colonies denses de très belles athyrium fougère-femelle ou de castilléjie septentrionale, dont les magnifiques fleurs luxuriantes tranchent fortement dans un milieu à prime abord fort austère.

Les combes à neige situées en milieu forestier ou semi-forestier, comme au lac à l'Eau Claire, sont bordées de formations conifériennes, tandis que sur les hautes terres du golfe de Guillaume-Delisle, un milieu ouvert, elles sont plutôt entourées d'une végétation caractéristique des sites exposés :

arbustes d'allure prostrée, comme l'ensemble arctostaphyloscladina, formé d'un arbuste et d'un lichen. Cet étrange contraste avec la riche flore qui habite les combes illustre l'écart entre le climat de ces fosses protégées des vents et les conditions hivernales qui prévalent à quelques mètres seulement. Mais trêve de description des attraits des combes, comment fonctionnent ces horloges subarctiques ?

LES HISTOIRES DES COMBES

Les combes s'installent au creux des abrupts, où la neige s'accumule en grande quantité. Le vent agit de telle sorte que, selon la topographie, l'épaisseur du couvert de neige peut varier de zéro à 20 mètres, sur seulement quelques mètres de distance ! Dans les sites particulièrement propices à l'accumulation de neige, celle-ci persiste parfois jusqu'à la fin du mois d'août. Dans certains cas, la fonte ne se termine qu'en septembre et, certaines années plus froides, un petit noyau de neige compact persiste même jusqu'à l'arrivée des nouvelles neiges. Au cours des derniers millénaires, à la faveur d'épisodes climatiques rigoureux, il est vraisemblable que ces noyaux se

soient transformés périodiquement en autant de petits glaciers, ou plus précisément en névés, puisqu'ils sont dépourvus du mouvement des glaciers.

À qui prend la peine de les interroger, les combes à neige révèlent certains secrets de l'histoire du climat nordique. Il faut d'abord bien regarder les sols. Lorsqu'ils se développent sous des masses de neige quasi pérennes, ceux-ci présentent bien souvent les traces indélé-

biles du passé. Une coupe transversale d'une combe permet d'observer à coup sûr de la matière organique enfouie sous la surface. Cette matière tire nécessairement son origine de formations végétales qui, à une époque plus ou moins lointaine, occupaient la surface du sol.

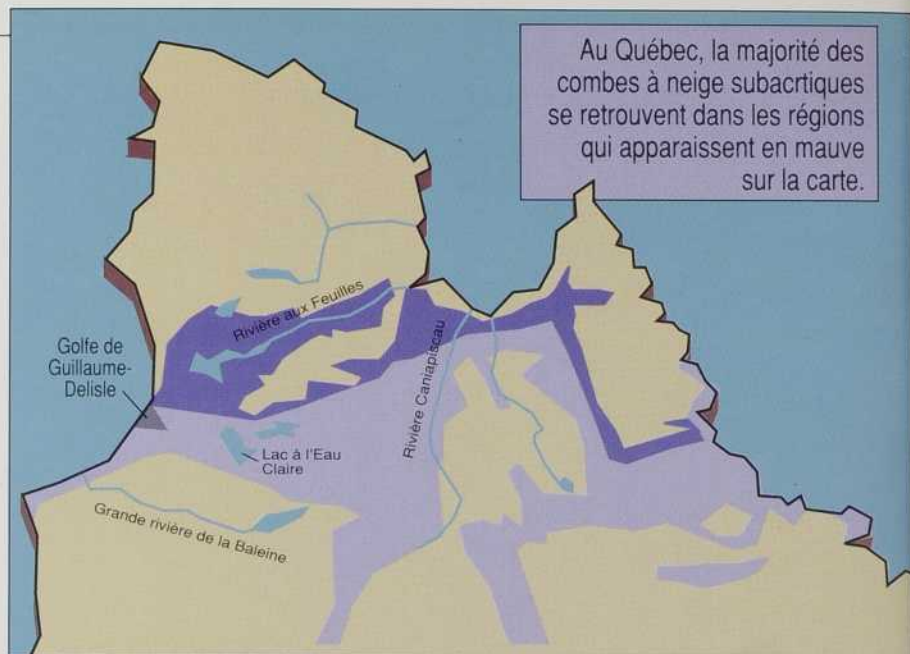
Le processus qui a entraîné l'enfouissement de la végétation s'appelle *solifluxion* ou *gélifluxion*. Ce phénomène s'explique par la présence d'un surplus d'eau de fonte, sur un sol dont le drainage est entravé par le gel saisonnier, caractéristique typique des combes à neige. Résultat : une couche de sol de la périphérie se liquéfie et coule vers le fond de la combe, où elle enfouit la végétation qui s'y trouve.

Puisqu'un climat froid et humide intensifie la gélifluxion, on peut relier les périodes intenses de gélifluxion, ou leur absence, à des épisodes climatiques particuliers. Il suffit de dater le plus précisément possible le moment des enfouissements. On y parvient en soumettant à la datation au carbone 14 les échantillons de matière organique prélevés sous les nappes de gélifluxion. La datation n'indique pas directement l'âge de l'enfouissement, mais plutôt l'époque où la végétation était encore vivante. On obtient donc l'âge le plus reculé de la période d'enfouissement. Au Québec, ce sont les derniers millénaires qui nous intéressent, car l'établissement des combes à neige est nécessairement postérieur au retrait de la calotte glaciaire laurentienne, il y a six à huit mille ans.

Une autre façon d'utiliser les combes à neige, pour retracer l'histoire du climat et de l'écologie des régions nordiques, consiste à retracer l'influence du couvert de neige sur la croissance des arbres situés à leur périphérie. Si l'épaisseur de la neige dans la combe varie assez peu d'une année à l'autre, les modalités d'enneigement et de déneigement fluctuent au gré des variations du climat.

Le surenneigement provoquera des blessures (branches cassées, tiges ployées) sur les arbres installés en bordure. Si ces conditions se maintiennent, le couvert arborescent battra en retraite. À l'inverse, la fonte précoce du couvert nival favorisera l'envahissement des combes par les arbres.

La chronologie de ces événements peut être retracée en détail grâce à la dendrochronologie. En effet, les arbres de nos latitudes ont une croissance rythmée, qui s'exprime sous forme de cernes annuels, composés d'un doublet de bois pâle, dit bois initial, et de bois



Au Québec, la majorité des combes à neige subarctiques se retrouvent dans les régions qui apparaissent en mauve sur la carte.

La « mémoire » des combes est contenue dans la matière organique enfouie sous les couches de gélifluxion.



foncé, dit bois final. En comptant ces cernes, on peut remonter dans le temps. De plus, leur épaisseur plus ou moins grande est proportionnelle à la longueur de la saison favorable à la croissance.

LE PETIT ÂGE GLACIAIRE

Dans un pays comme le nôtre, où la tradition écrite est relativement récente et où, par surcroît, il subsiste de vastes zones peu habitées, les indicateurs des conditions paléoenvironnementales jouent un rôle considérable dans la reconstitution de l'évolution des écosystèmes. Contrairement à l'Europe, dont les documents historiques contribuent à retracer l'existence des phénomènes naturels du passé, le Québec est fort mal pourvu en ce sens. Heureusement, il y a les combes à neige.

Grâce à elles, nous savons maintenant que le Petit Âge glaciaire, une période caractérisée par des conditions climatiques particulièrement rigoureuses, a sévi au Québec entre 1550 et 1880, en même temps qu'en Europe et ailleurs dans le monde. L'histoire des pays nord-européens fourmille de témoignages relatant les déboires des

agriculteurs de l'époque, ainsi que l'extension inhabituelle des glaciers alpins. Puisqu'au Québec il existe peu de preuves historiques du Petit Âge glaciaire, ce sont des phénomènes comme les combes à neige qui ont fourni les indices nécessaires à sa reconstitution.

Les indicateurs paléoécologiques naturels nous ont également révélé que, depuis cinq à sept mille ans, les conditions climatiques n'ont cessé de se refroidir un peu partout dans le monde. À tel point que l'on qualifie de néoglacière la période couvrant les trois ou quatre derniers millénaires. C'est du moins ce que révèlent les épisodes successifs de gélifluxion observés dans les combes à neige du Québec.

Voilà pourquoi, durant les années 70, les scientifiques concluaient au retour de la glaciation. C'était avant les rumeurs persistantes de réchauffement planétaire... Malheureusement, les combes à neige ne peuvent prédire l'avenir. □

Questions hiémales

par Raynald PEPIN

Pour ceux et celles qui aiment mettre le bout du nez dehors, les mois d'hiver fournissent plusieurs occasions de s'étonner et de s'interroger. Après les *Faits d'hiver* de février 1991, voici quelques autres questions relatives à cette saison. En passant, savez-vous pourquoi les jours sont moins longs en hiver ? C'est que le froid les fait raccourcir, bien sûr !

LES ROUES INCLINÉES DES NIVELEUSES

Observez la niveleuse en action, sur la photo ci-contre. Ses roues avant sont inclinées. Emporté par une saine curiosité, j'ai tenté d'en trouver la raison.

Quand la niveleuse pousse la neige sur le côté, elle est soumise à une force de réaction en sens opposé (troisième loi de Newton). Si la niveleuse pousse la neige vers la droite, comme sur la photo, la neige déporte la machine elle-même vers la gauche. Pour que la niveleuse continue tout droit, il faut exercer sur elle une force supplémentaire vers la droite. Selon les ingénieurs municipaux que j'ai consultés, c'est l'inclinaison des roues qui fournit cette force supplémentaire. Bien sûr, si la lame de la niveleuse n'est pas en biais, il n'y a pas de force latérale, et l'opérateur garde les roues droites.

Mais comment l'inclinaison des roues empêche-t-elle la dérive ? La question semble simple, mais plusieurs de mes sources n'avaient aucune idée de la réponse. Selon certains, c'est que les pneus inclinés ont une meilleure traction dans la neige ; c'est donc le frottement latéral entre les roues et le sol qui garderait la niveleuse en ligne droite. D'autres personnes ne croyaient pas que les roues inclinées « mordaient » mieux.

Un employé d'une entreprise de machinerie lourde m'a suggéré une autre solution : « C'est comme les virages en moto. » En effet, les motocyclistes vivent en inclinant leur machine et donc leur roue avant. Quand une roue en rotation est, comme dans le cas présent, inclinée du côté droit, la trajectoire de la roue (et du véhicule) dévie vers la droite, même si la roue n'est pas braquée initialement : c'est ce qu'on appelle l'effet gyroscopique. L'importance de cet effet dépend de la masse de la roue et de sa vitesse de rotation. Il faudrait, en plus



Éve-Lucie Bourque

de ces données, en avoir quelques autres pour vérifier si ce phénomène contribue à garder la niveleuse dans le droit chemin.

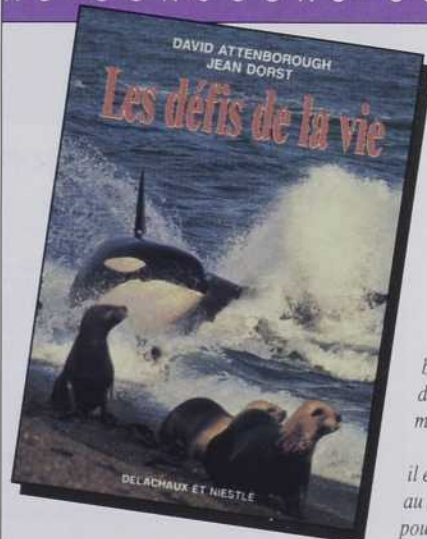
CHAT GELÉ CRAINT L'AIR FROID

Avec notre climat, rares sont les personnes qui ne se sont jamais gelé quelques orteils ou le bout du nez. Est-il vrai, comme on l'entend si souvent, qu'un membre « gelé » devient plus sensible au froid et susceptible de geler de nouveau ?

Cette croyance n'a rien de scientifique, selon Giles Raymond, médecin et

directeur du département de dermatologie de l'Université de Montréal. Pour limiter les pertes de chaleur lors d'une exposition au froid, les vaisseaux sanguins périphériques se contractent et la circulation diminue dans les extrémités du corps, comme les pieds, les mains et le lobe des oreilles. La peau devient blanche, mais si l'engelure est légère, les cellules ne sont pas affectées de façon irréversible. Avec le retour de la chaleur, tout retourne à la normale et la région atteinte n'est pas plus sensible au froid qu'auparavant.

RS • CONCOURS • CONCOURS • CONCOUR



LA PHYSIQUE AU SUPERMARCHÉ

Il est encore temps de nous faire parvenir votre réponse à la question de février. Vous courez ainsi la chance de gagner un exemplaire de l'ouvrage *Les défis de la vie*, de David Attenborough et Jean Dorst, gracieuseté des éditions Delachaux et Niestlé et de Diffusion Raffin. Une valeur de 44,25 \$.

La question est :

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 ?

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

Quand l'engelure est plus sérieuse, le cytoplasme des cellules peut geler et se cristalliser; les cellules éclatent et la peau forme des cloques après la fin de l'exposition au froid. Les engelures profondes, elles, se produisent quand un membre est exposé au gel trop longtemps, comme dans le cas d'un alpiniste immobilisé en montagne. Dans ces conditions, la température du corps baisse trop dans les extrémités et les vaisseaux sanguins importants, la peau et les nerfs sont altérés, tout comme les vaisseaux périphériques. Le sang n'irrigue plus la partie atteinte, et celle-ci se gangrène. Mais c'est là une situation extrême.

LES MARCHES DE BOIS

Durant l'hiver, on recouvre les marches de nombreux bâtiments publics de planches de bois. Que vise cette pratique?

Comme pour bien d'autres choses, la réponse n'est pas évidente. Les scientifiques à qui j'en ai parlé croient que le bois permet surtout de protéger la pierre et le béton des coups de pelle et de la corrosion des fondants chimiques, ainsi que de l'abrasion causée par le sable et le gravier transportés par les piétons. Peut-être aussi que la relative flexibilité du bois facilite l'enlèvement de la glace.

LES RIVIÈRES SOUTERRAINES

Pourquoi l'eau ne gèle-t-elle pas dans les conduites d'eau, durant l'hiver? C'est tout simple: avec les conditions de température rencontrées dans le sud du Québec, le sol ne gèle que jusqu'à un mètre de profondeur environ, si l'hiver n'est pas trop rigoureux. Le sous-sol reste chaud grâce à la chaleur provenant de l'intérieur de la terre (chaleur engendrée par la désintégration des éléments radioactifs).

À Montréal, les normes actuelles obligent l'enfouissement des conduites d'eau à une profondeur minimale de six pieds, ce qui suffit à empêcher le gel de l'eau. Il arrive tout de même que de vieilles conduites gèlent, parce qu'auparavant on les installait plus près de la surface, surtout dans les quartiers où la roche affleure (ça coûtait trop cher de creuser).

Dans d'autres villes, surtout celles qui utilisent des tuyaux de plastique, les normes demandent que les conduites soient enfouies à sept pieds de profondeur. C'est pour se donner une plus grande marge de sécurité, m'a expliqué Claude Brochu, ingénieur à la Ville de Montréal. Les tuyaux de plastique ne peuvent pas être dégelés facilement, contrairement aux tuyaux de fonte, qui sont conducteurs et qu'on peut réchauffer en y faisant passer un courant électrique!



INRS

LA FORCE DE LA SCIENCE

L'Institut national de la recherche scientifique est un milieu de recherche dédié à la formation de chercheurs dans des domaines hautement prioritaires pour toute société moderne.

Parmi les avantages inhérents à la poursuite de vos études à l'INRS, il faut mentionner l'offre de bourses alléchantes et un encadrement multidisciplinaire adapté aux besoins de chacun.

L'obtention d'une maîtrise ou d'un doctorat à l'INRS est un gage de succès pour une carrière stimulante aux multiples défis.

Les études de pointe à l'INRS

Renseignements:

- Maîtrise en sciences expérimentales de la santé (514) 630-8800
- Maîtrise et doctorat en sciences de l'énergie (514) 468-7700
- Maîtrise et doctorat en sciences de l'eau (418) 654-2524
- Maîtrise et doctorat en télécommunications (514) 765-7844
- Maîtrise en analyse et gestion urbaines* (514) 499-4000
- Doctorat en études urbaines** (514) 499-4000
- Accueil pour études en océanologie et en géoressources (418) 654-2517
- Stages et études postdoctorales (418) 654-2517

* Programme offert conjointement avec l'Université du Québec à Montréal et l'École nationale d'administration publique.

** Programme offert conjointement avec l'Université du Québec à Montréal.



Université du Québec
Institut national de la recherche scientifique

LA PRATIQUE DE L'ANALYSE TRANSACTIONNELLE

par Ian STEWART, Les Éditions Saint-Yves inc.,
1992, 288 pages, ISBN 2-89034-038-4

Ajoutez la TPS (7%)

30 \$

EN VENTE CHEZ VOTRE LIBRAIRE

ou chez l'éditeur au (418) 657-3551, poste 2860. Télécopieur: (418) 657-2096.

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

Nom _____

Adresse _____

Code postal _____

☐ Chèque ☐ Mandat postal ☐ Visa ☐ MasterCard

Date d'exp. _____ Numéro _____

Signature _____



L'HOMME ET LA POMME



Si la femme est plus jeune que l'homme, la pomme n'est guère plus vieille. Dans un Univers de 15 à 20 milliards d'années, sur une Terre de 4,5 milliards d'années, l'homme n'a que 2 à 4 millions d'années, et c'est aussi l'âge de la pomme. Et ce fruit, tout comme l'homme qu'il a su — et sait encore — tenter, est né précisément dans le jardin d'Eden, situé, comme l'ont démontré les Russes il y a une cinquantaine d'années, sur le versant sud du Caucase. Pourquoi croit-on que la femme est celle qui a présenté la pomme à l'homme ? Eh bien, peut-être est-ce un symbole dû au fait que ce fruit, comme tous les autres, qui sont aussi nés sur le Caucase, est en fait un ovaire fécondé. Mais alors, qui a tenté qui ?

(Sciences & Nature, 01/92)

ÉGALITÉ AU FIL D'ARRIVÉE ?

Deux chercheurs américains, un homme et une femme, ont comparé les records mondiaux masculins et féminins des 80 dernières années et conclu que les femmes rejoindraient les hommes au tournant du siècle... du moins dans le marathon. Se basant sur les vitesses moyennes, ils ont constaté que l'amélioration des femmes est aussi régulière que celle des hommes, mais deux fois plus rapide. Mais c'est oublier les sérieux handicaps féminins : une force musculaire inférieure et une masse grasseuse supérieure. De toute façon, un docteur français croit que le corps humain a presque atteint ses limites et que les performances cesseront de progresser. Ouf ! plusieurs ont eu chaud !

(Le Monde, 9/01/92 au 15/01/92)

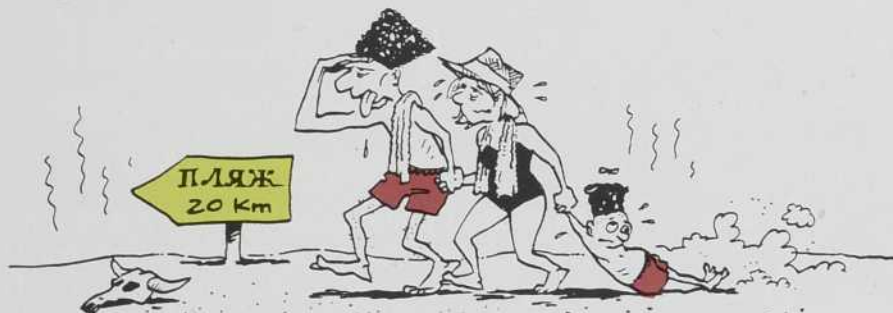


LA MER D'ARAL DEVIENT ARIDE

Si l'URSS n'est plus, la mer d'Aral n'est presque plus. En 30 ans, sa superficie est passée de 68 000 à 35 000 km², son volume d'eau, de 1 100 à 450 km³, et l'apport de ses deux principaux tributaires, l'Oxus et l'Iaxartès, de 54 à 1 km³. La cause ? L'irrigation tous azimuts à partir des deux fleuves, pour faire de cette région un grenier à coton, en doublant

presque, en moins de 10 ans, les zones cultivées. Mais des canalisations à ciel ouvert et des parois non imperméables font qu'à peine 60 % de l'eau parvient aux terres à irriguer, sans compter que l'on arrose de 20 à 100 % trop... Le désastre qui en résulte est gigantesque, à l'image de l'URSS disparue.

(Le Monde, 28/11/91 au 4/12/91)



UN REMÈDE D'ABEILLE

Quel lien y a-t-il entre une ruche, un sarcophage et... l'eczéma ? La propolis des abeilles. En effet les Anciens, Hippocrate en tête, se servaient de cette substance, composée de résines naturelles et d'enzymes d'abeilles, pour traiter diverses blessures. Aujourd'hui, on en vaporise sur les petites brûlures, l'eczéma... Quant aux abeilles, les propriétés anti-microbiennes de la propolis qu'elles produisent leur servent à vernir, cimenter et renforcer différentes composantes de la ruche. Cette substance leur sert même à embaumer les intrus, et c'est là, vous l'aurez deviné, que les sarcophages arrivent dans le décor. Car ce qui est bon pour une abeille est sûrement bon pour un pharaon.

(Sciences & Nature, 01/92)

DES AÉROSOLS... VOLCANIQUES

La couche d'ozone est fragile... et mince : 3 mm en moyenne, au sommet d'une stratosphère de 8 km ! Et deux facteurs contribuent, par différentes interactions chimiques, à la réduire encore plus : les nuages stratosphériques, faits de cristaux de glace, et les aérosols volcaniques, composés d'eau liquide surfondue ou de glace, etc. Les uns et les autres ont toujours existé, mais un certain seuil a été dépassé, à cause de la production humaine de CFC. C'est ce que nous apprennent de nombreux instruments de mesure à distance. Mais voilà que des ballons sondes ont récemment montré que les aérosols volcaniques ont aussi pour effet direct de... fausser ces mêmes mesures.

(Le Monde, 19/12/91 au 24/12/91)

NEUTRINOS CONTRE UNIVERS

La bataille semble inégale — poids léger contre poids lourd... C'est pourtant ce à quoi on fait face quand on veut déterminer la masse des neutrinos. Mais le résultat du match pourrait bien être la formule : poids léger = poids lourd. Plus précisément, si le neutrino a une masse légère, alors l'Univers est lourd et cessera un jour, sous son propre poids, de prendre de l'expansion. Par contre, si le neutrino a une masse nulle, l'Univers est léger et poursuivra son expansion. Au cas où on douterait de la possibilité que le neutrino ait une masse nulle, rappelons-nous que cette particule élémentaire est la seule à passer à travers la matière, avec laquelle elle a très peu d'interaction.

(Sciences & Nature, 01/92)

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 \$ *

QUÉBEC SCIENCE

Le seul magazine québécois
d'actualité scientifique.

Facile à lire,
accessible à tous,
tant par son contenu
que par son bas prix.

Un instrument
d'autoformation

T	A	R	I	F	S
AU CANADA SEULEMENT					
	MEMBRE DE LA FONDATION Prix avec TPS	ABONNÉ RÉGULIER Prix avec TPS	ABONNÉ VOULANT DEVENIR MEMBRE 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. _____

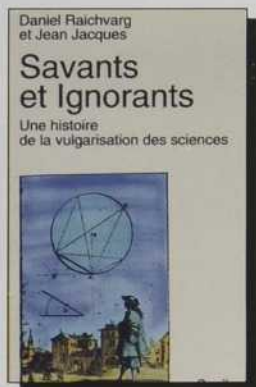
VILLE _____ PROVINCE _____

CODE POSTAL _____ SEXE : M ☐ F ☐

TÉLÉPHONE _____

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

La France représente sans contredit une terre très fertile en matière de vulgarisation scientifique : musées, éditeurs et magazines, bien sûr, mais aussi tout un réseau de chercheurs, ceux du CNRS, activement présents, législation aidant, sur le marché de la vulgarisation scientifique. On se rappellera la parution récente, chez Boréal - La Découverte, de *l'État des sciences et des techniques*, collaboration de près de deux cents d'entre eux.



RAICHVARG, DANIEL
ET Jean JACQUES
Savants et ignorants.
Une histoire de la vulgarisation
des sciences
Coll. « Science ouverte »
Seuil, Paris
1991, 304 pages, 36,95 \$
ISBN 2-02-013409-8

On oublie trop souvent d'un autre côté que la vulgarisation fut, bien avant de nourrir les propos de communicateurs scientifiques professionnels, le lot des scientifiques eux-mêmes. On oublie trop souvent également que si la vulgarisation au Québec est d'abord celle d'un réseau de communicateurs scientifiques, encore en émergence il faut bien l'avouer, d'autres pays possèdent des pratiques où les scientifiques sont davantage présents.

Savants et ignorants a le mérite de nous rappeler l'apport historique des scientifiques dans les origines de la vulgarisation scientifique. C'est l'âge d'or de cette dernière, en plein cœur du 19^e siècle, que raconte cet ouvrage. *Savants et ignorants* construit ainsi, avec beaucoup de détails, cette histoire jusqu'à la fin des années 30.

À la veille de la guerre, pour plusieurs raisons, la vulgarisation scientifique, en effet, change de forme. Si certains scientifiques se voient réduits au silence, les impératifs de la guerre dictant des retenues évidentes, au même moment est érigée en France une institution de vulgarisation scientifique par excellence : le Palais de la Découverte. Ailleurs dans le monde cependant, particulièrement aux États-Unis, les communicateurs prendront, tant bien que mal, la relève.

On ne peut donc s'empêcher de lire ce livre en tentant de dresser des parallèles entre l'exercice de la vulgarisation par les scientifiques eux-mêmes, et celle qui se pratique dans le monde des communicateurs scientifiques.

Mais qu'est-ce que la vulgarisation ? Trois questions clés sont d'emblée posées par les auteurs : qui vulgarise ? comment vulgarise-t-on ? pour qui vulgarise-t-on ? Les réponses apportées sont loin d'être directes... parce que la vulgarisation scientifique est un exercice complexe.

Historique certes, mais parfois anecdotique, le livre représente une réflexion encore trop peu fréquente pour qu'on ne s'y arrête pas. En effet, on ne remet pas encore assez souvent en question les fondements, voire les idéologies, à la base de la vulgarisation scientifique.

On ne saurait oublier cependant que le portrait dressé par les auteurs est celui de la situation en France. L'histoire de la vulgarisation scientifique dans le Nouveau Monde n'a pas encore été écrite. Si Marcel Lafollette (*Making Science Our Own : Public Images of Science*) a mené tout récemment une réflexion plus critique sur les limites de la vulgarisation scientifique professionnelle aux États-Unis ces cinquante dernières années, un livre en français se fait toujours attendre.

L'histoire de la vulgarisation scientifique au Québec est fort peu connue. On sait qu'elle prend ses origines auprès des scientifiques eux-mêmes, comme partout ailleurs. Ces derniers se définissent même, au début du siècle, comme des vulgarisateurs, autant que des enseignants et bien avant de se définir comme des chercheurs.

Ce sont eux qui nous ont donné l'ACFAS, le Jardin botanique et *Le Jeune Scientifique*, l'ancêtre de *Québec Science*.

Savants et ignorants : une histoire, mais aussi une invitation à la réflexion et un appel à une histoire de la vulgarisation scientifique au Québec.

Benoît Godin

NINIO, JACQUES
La biologie buissonnière
Editions du Seuil
(coll. « Science ouverte »), Paris
1991, 184 pages, 24,95 \$
ISBN 2-02-013161-7

En 1985, au moment où le pays sort de la dictature, des scientifiques de l'Uruguay invitent Jacques Ninio, directeur de recherche au CNRS, à leur livrer ses opinions sur l'état de la biologie contemporaine, ses tendances, ses vertus et ses vices. *La biologie buissonnière* se présente comme une relation de voyage, où



sont enchâssés les quatre entretiens originaux. Les deux premiers traitent de diverses questions non résolues, comme l'énigme des origines de la vie, ou les terrains d'entente ou de discorde entre la biologie, la physique et les mathématiques. Le troisième est consacré aux rapports entre science et société, dans les pays développés et sous-développés. Enfin, un quatrième entretien porte sur la découverte scientifique et sur l'affrontement acharné entre l'orthodoxie et le progrès.

À SIGNALER

VINCENT, DENIS
6. L'asthme au quotidien
1991, 192 PAGES, 24,95 \$
ISBN 2-7381-0138-0



CASSUTO, JILL PATRICE
ET BRIGITTE REBOULOT
7. La séropositivité au quotidien
1991, 192 pages, 24,95 \$
ISBN 2-7381-0137-2
Éditions Odile Jacob, Paris

« La santé au quotidien » est une collection dont chaque titre renferme des informations, aussi complètes et claires que possible, sur une affection. L'objectif : comprendre pour pouvoir dialoguer.

Donc, faciliter les rapports entre le médecin, le malade, sa famille ou ses proches. On déplorera cependant la non-adaptation au marché québécois d'une partie « guide pratique », dont les renseignements sur l'aide existante couvrent, pour certains titres, jusqu'à 40 pages.

DÉRY, BERNARD
Dictionnaire Super Visuel
En 18 volumes, Version Macintosh
Logiciels Pharaon, Montréal
1991, 145 \$ par volume

Ce dictionnaire, qui se vend en pièces détachées, est en fait un logiciel. C'est donc sur écran d'ordinateur qu'on doit consulter les illustrations, la plupart de très bonne qualité, qui sont classées sous 29 thèmes (Être humain, Règne végétal, Énergie, Musique, etc.). Quatre des volumes sont actuellement en vente, les autres sortiront aux quatre mois.

Avec environ 70 illustrations par volume, ce dictionnaire nouveau genre peut s'avérer un outil pédagogique intéressant, mais son prix en découragera plus d'un.

LA SUPERBALLE DES CHIMISTES (Guy Paquin)

Ils la cherchaient depuis quelques années dans les poussières interstellaires ; ils l'ont trouvée dans la suie de leurs brûleurs de labo ! Depuis quelques mois, c'est l'euphorie chez les chimistes, car ces billettes de « carbone soixante » sont de petites merveilles. Guy Paquin nous raconte l'aventure des « fullerènes ».

QUAND LA FORÊT RENAÎT DE SES CENDRES (Sarah Perrault)

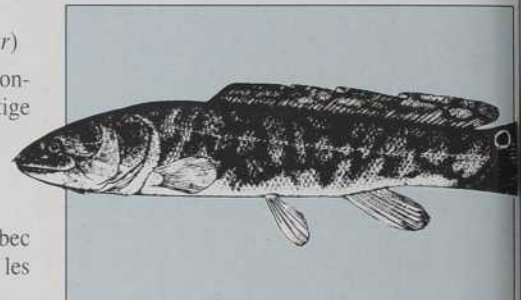
Des incendies majeurs ont fait rage l'été dernier, dans les boisés du Québec. Une année catastrophe ? Pas nécessairement. Car depuis que les flammes ont détruit plus du tiers des forêts de Yellowstone, les biologistes ont pu vérifier *in situ* leur nouvelle sagesse. Les incendies majeurs font, eux aussi, partie des processus naturels de renouvellement de la végétation.

UN VOYAGEUR DU TEMPS DANS NOS EAUX FROIDES (Pierre D'Amour)

Pour les biologistes et pour les conservateurs des aquariums de partout dans le monde, le « poisson-castor » méconnu du Québec, que les pêcheurs du Richelieu rejettent à l'eau, est un véritable vestige du passé, un chaînon important de l'évolution de la vie marine.

L'ÉMERGENCE DES SCIENCES AU QUÉBEC (Danielle Ouellet)

Les premières écoles supérieures ou facultés de science dans les universités francophones du Québec datent de 1920. Danielle Ouellet nous raconte les trois générations de bâtisseurs d'une tradition : les pionniers de l'Université Laval, les maîtres venus d'Europe et la relève d'ici.



Bonjour, je m'appelle Flippo

Je vous dévoile mon nouveau nom. Ce nom, dont je suis très fier, m'a été donné par les employés et les sous-distributeurs des Messageries Dynamiques, ceux qui ont la responsabilité de la distribution en kiosques du magazine Québec Science.

Grâce à vous, amis lecteurs, qui achetez ce numéro de Québec Science en kiosque et participez au concours, ainsi qu'aux gens de Messageries Dynamiques et des sous-distributeurs, je serai bientôt en mesure de recevoir officiellement mon acte d'adoption.

Plus vite vous participerez au concours, plus vite je serai adopté.

GAGNEZ UN SÉJOUR

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

Votre geste vous donnera également 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 Flippo, 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 _____

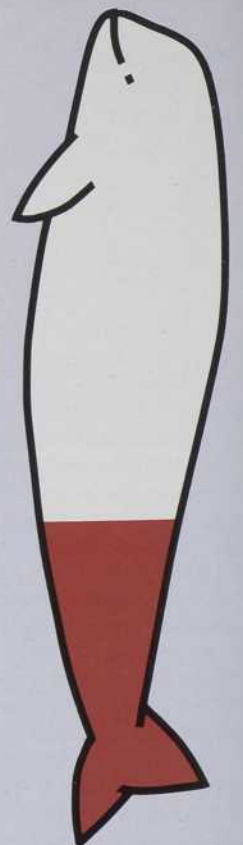
Adresse _____

Ville _____

Code postal _____ Tél. (____) _____

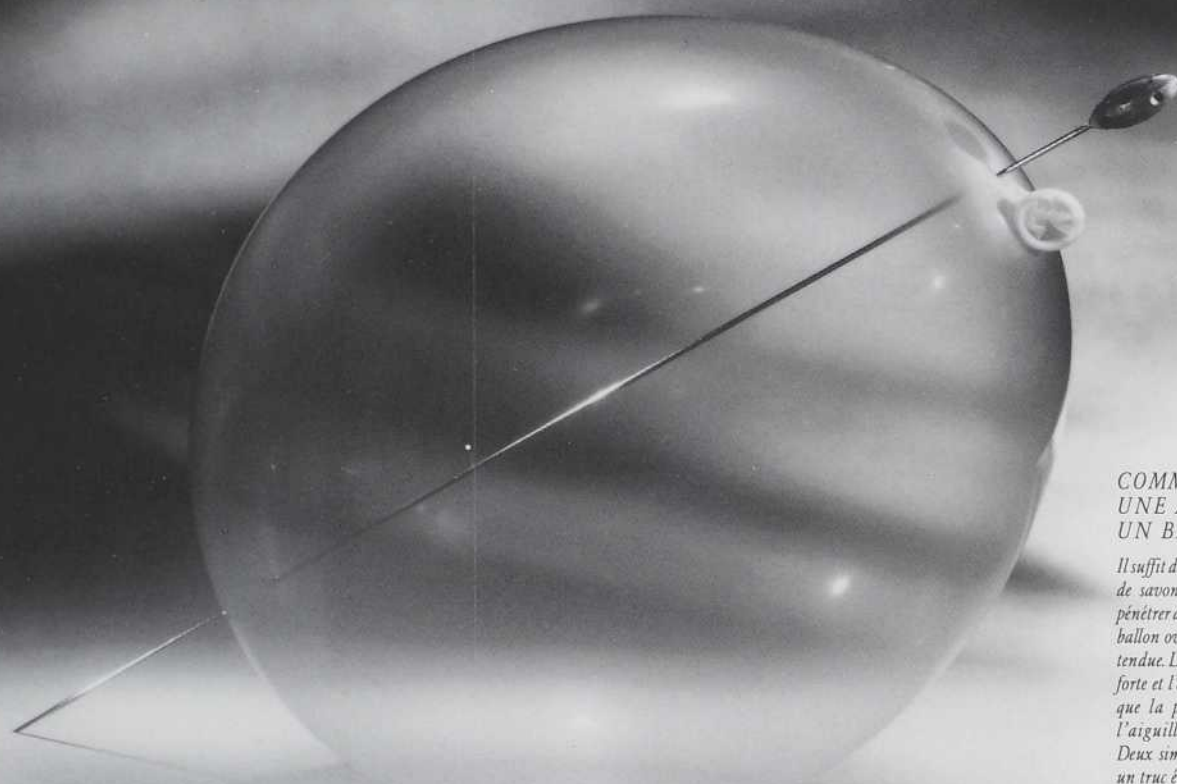
Cochez si vous désirez des renseignements sur la Fondation Québec Science ☐

Route _____



«La science consiste à passer d'un étonnement à un autre.»

(Aristote)



COMMENT ENTRER UNE AIGUILLE DANS UN BALLON?

Il suffit d'utiliser une aiguille enduite de savon à vaisselle et de la faire pénétrer doucement à l'extrémité d'un ballon ovale, là où la peau est moins tendue. La pression de l'air y est moins forte et l'élasticité du caoutchouc fait que la peau se referme autour de l'aiguille dès qu'elle la traverse. Deux simples principes de physique: un truc étonnant!

Faites connaissance avec mille expériences et découvertes des jeunes d'ici, aux Expo-sciences du Québec.

ROUYN-NORANDA

Cégep de l'Abitibi-Témiscamingue,
28 et 29 mars

GASPÉ

Collège de la Gaspésie
et des Îles,
du 26 au 28 mars

HULL

Université du Québec
à Hull,
du 3 au 5 avril

MONTRÉAL

Aréna Marcellin-Wilson,
du 3 au 5 mai
(volet primaire)

Collège Marianopolis,
du 29 au 31 mars

Collège Rosemont,
du 5 au 7 mars

ROBERVAL

Cité étudiante
de Roberval,
du 26 au 28 mars



SAINT-AUGUSTIN-DE-DESMARURES

Campus Notre-Dame
de Foy,
du 27 au 29 mars

JOLIETTE

Polyvalente
Thérèse-Martin,
du 19 au 21 mars

SAINT-HUBERT

Polyvalente
André-Laurendeau,
du 12 au 14 mars

SAINT-LÉONARD D'ASTON

Polyvalente St-Léonard,
du 27 au 29 mars

SEPT-ÎLES

Polyvalente Manicouai,
du 20 au 22 mars

CHICOUTIMI

La Pulperie,
du 23 au 26 avril

SHERBROOKE

École secondaire Le Ber,
du 27 au 29 mars



CONSEIL DE DÉVELOPPEMENT DU LOISIR SCIENTIFIQUE

Bell
des gens de parole

T H É S A U R U S

sous la direction de
Daniel PÉCHOIN

THÉSAURUS Larousse

avec la direction de
DANIEL PÉCHOIN

DES MOTS
AUX IDÉES

DES IDÉES
AUX MOTS



Un concept d'ouvrage
entièrement nouveau
et révolutionnaire:

L'indispensable outil
de créativité langagière
permettant la recherche
du mot juste par
les associations d'idées

Le moyen privilégié
d'enrichir son
vocabulaire, parfaire sa
communication écrite,
renforcer sa puissance
d'expression.

les éditions françaises inc.

1411, rue Ampère
C.P. 395, Boucherville (Québec) J4B 5W2
(514) 641-0514
871-0111
1-800-361-9635
Fax: 641-4893

Prix de détail suggéré: 78,95\$