

Québec

Le temps est une flèche

Volume 32, numéro 8  
Mai 1994, 3,45 \$

# Science

## Environnement

# Du global au local

Les grandes causes  
ne fonctionnent plus  
Les petites, oui

Les monstres  
symétriques

Newton, le dernier  
des magiciens

Éclipse solaire  
le 10 mai



## Dilemme

**L**e leitmotiv environnementaliste « Penser globalement, agir localement » ne fonctionne pas. Du moins pas pour moi. Car mes idéaux de préservation de l'environnement sont régulièrement mis à l'épreuve.

Voici comment. Après 200 000 kilomètres de loyaux services, ma vieille Toyota Tercel rendra bientôt l'âme. J'aimerais bien la remplacer par un camion 4 x 4 tout neuf, plutôt que par une autre petite auto. Je n'ai plus le goût qu'on vienne me faire la morale en me disant que le camion pollue beaucoup plus. Je le sais. Le camion consommera environ 10 000 litres de pétrole de plus.

D'où mon dilemme de consommateur : le plaisir et l'utilité du 4 x 4 contre le moindre impact environnemental de la petite auto. Je m'en confesse, le 4 x 4 gagne haut la main.

Sauf sur un détail. Ces 10 000 litres supplémentaires de pétrole me coûteront plus de 5 000 dollars. Ce qui me fait réfléchir. Mon portefeuille devient alors une sorte de conscience environnementale : il risque de choisir une autre Tercel.

Face à un tel dilemme, ce sont souvent les intérêts personnels qui font pencher la balance. En d'autres termes, quand vient le temps de décider, je « pense localement » à mes intérêts. Pourtant, ces intérêts personnels dépendent d'actions globales, comme les taxes sur le pétrole.

Mon choix serait ainsi beaucoup plus facile si chaque véhicule consommant plus de 9 litres au 100 kilomètres était frappé d'une taxe spéciale de, par exemple, 1 000 dollars. À 11 litres, la taxe spéciale pourrait monter à 3 000 dollars. Oui, je sais, tout le monde est écoeuré des taxes. Imaginez cependant que cet argent n'irait pas dans les poches du gouvernement, mais serait retourné aux acheteurs de véhicules peu polluants.

Je ne sais pas si une telle mesure serait vraiment efficace. Je pense cependant que quelques lois de ce genre ont plus fait pour l'environnement que l'ensemble des campagnes de sensibilisation. Par exemple, le taux de plomb dans la neige qui tombe au Groenland a diminué à mesure que différents pays passaient à l'essence sans plomb.

Les actions globales ont simplement des effets globaux. Doit-on changer le leitmotiv pour « Penser localement, agir globalement » ?

Étienne Denis

## Actualités



6

Astronomie

### Mode d'emploi pour observer l'éclipse

Les réponses à la plupart de vos questions au sujet de l'éclipse solaire du 10 mai 1994.

8

Paléontologie

### Les premiers « vrais » Québécois

Un siècle après le début des explorations minières en Abitibi, des géologues viennent de découvrir une curieuse formation calcaire d'origine... vivante.

10

Santé

### Les protéines du diabète

Les diabétiques ont un problème de sucre, mais aussi de protéine. Leur régime alimentaire est remis en question.



Brèves

- Confidentiels, les travaux de recherche Pas sûr...
- Les maux amérindiens
- Robots lunaires

## Chroniques

45

Livres

46

Histoires de science

### Le dernier des magiciens

Étude des textes bibliques, recherche d'un langage universel, travaux d'alchimie... Isaac Newton ne s'intéressait pas qu'à la physique et aux mathématiques.

par Danielle Ouellet



48

### La dimension cachée Oh ! le bel arc-en-sol !

La science d'une flaque d'huile et d'eau permet la fabrication de nouveaux billets de banque.

par Raynald Pepin

50

Opinion

### La fraude scientifique

On attribue aux chercheurs rigueur, l'objectivité et l'honnêteté. Pourtant, les cas de fraude sont nombreux.

par Serge Larivée



## 12

### Génétique Les monstres homéotiques

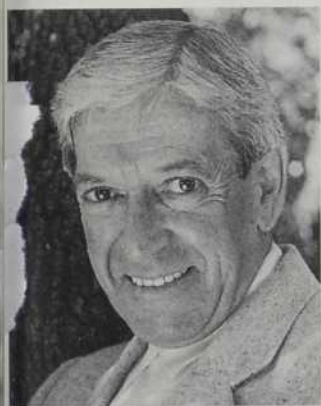
Une simple mutation, et une mouche peut se transformer en monstre : des pattes poussent à la place de ses antennes. Derrière cette curiosité, les gènes homéotiques. Depuis trois ans, on commence à comprendre leur importance.



## 38

### Fernand Seguin Le savant imaginaire

Fernand Seguin a d'abord été un chercheur. Mais c'est comme communicateur qu'il a été connu. *Québec Science* présente deux extraits de sa biographie.

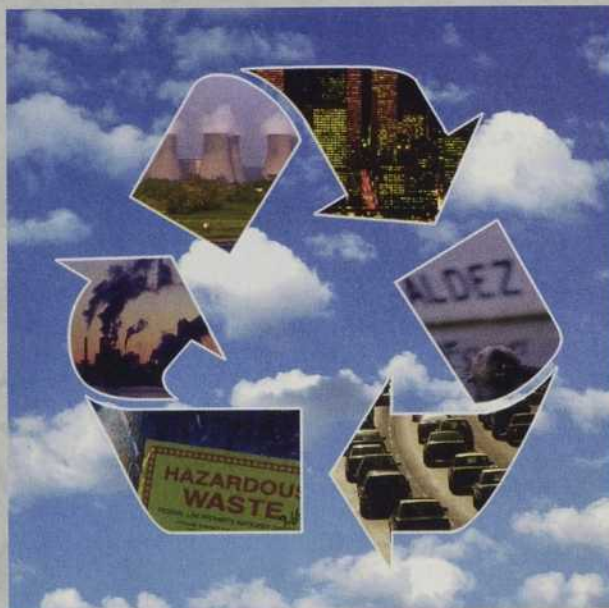


## 42

### Ilya Prigogine Le temps est une flèche

Newton, Einstein et Hawking se trompent. Ilya Prigogine, Prix Nobel de chimie, soutient que le temps est une flèche qui ne peut inverser sa direction. Rencontre avec l'un des plus grands penseurs de la science.

## Dossier environnement



## 16

### Ras le bol ?

## 18

### Groupes environnementalistes Small is successful

Le mouvement environnementaliste est en métamorphose. Les grandes causes ne suscitent plus l'adhésion des masses. Mais les « petites » causes, oui !

## 23

### Nouveaux produits Banane écologique

## 24

### Aménagement urbain Lacs rénovés

## 26

### Électricité Piles à la chlorophylle

## 30

### Pollution Traiter le bois naturellement

## 32

### Bélugas du Saint-Laurent Liberté intoxiquée Pour ou contre la captivité ?

## Réconfortant

Nous avons sélectionné la découverte du rôle de l'endonucléase G dans la multiplication des mitochondries à l'intérieur des cellules parmi les 10 découvertes de l'année (voir Québec Science, février 1994). Nous venons de recevoir une petite note de remerciement de l'un des chercheurs, qui ajoute ce commentaire :

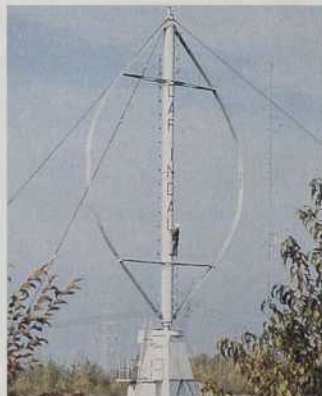
J'apprécie beaucoup la reconnaissance de nos travaux par la communauté scientifique internationale et locale. Cela est réconfortant surtout quand, malgré l'intérêt que notre article a soulevé dans le monde de la mitochondrie, l'Institut national du cancer du Canada qui subventionnait ces recherches vient de nous couper les fonds !

**Adolf Ruiz-Carrillo, Ph.D.**  
Professeur titulaire de  
l'Université Laval

## Moulins à vent

L'Association Canadienne de l'Énergie Éolienne (ACEE) déplore la représentation négative de l'énergie éolienne dans la série d'articles sur le dossier énergie du mois de mars de la revue Québec Science.

Madame Montpetit y écrit : « La production d'énergie éolienne prend beaucoup d'espace : environ 1 km<sup>2</sup> par mégawatt ! » En Californie, dans la passe Altamont, on a installé près de dix fois cette densité de puissance. De plus, l'utilisation du sol par l'éolien n'est que de



1 à 3 % de la surface du bassin exploité. La vocation du territoire reste donc pratiquement inchangée.

Un tableau montre les coûts de production de l'électricité : pour l'éolien, on mentionne de 6,1 à 7,6 cents/kWh. Ces chiffres sont représentatifs de l'état de développement de la filière éolienne du milieu des années 1980. En décembre 1993, un promoteur privé (Kennebunk) a signé un contrat pour vendre de l'énergie éolienne à Hydro-Québec au coût évité du complexe de Grande-Baleine tel qu'estimé en 1991. L'état actuel de la technologie donne plutôt un coût de 3,5 à 5 cents/kWh, selon le choix du site. (...)

L'Association Canadienne de l'Énergie Éolienne est en désaccord avec les propos de M. Vézina lorsqu'il dit « nos tentatives d'harnacher le vent n'ont pas été fructueuses : les éoliennes québécoises ne fonctionnent pas » et « après avoir englouti des millions en pure perte

pour harnacher le vent... ». Ces propos sont très surprenants, car ils ne mettent pas en perspective la différence entre la R & D et l'exploitation.

**Bernard Saulnier, président**  
Association Canadienne de  
l'Énergie Éolienne

## Répliques

Lors d'une entrevue téléphonique, le 31 janvier dernier, je vous ai demandé si ce chiffre d'un mégawatt par kilomètre carré vous semblait réaliste. Vous m'avez répondu qu'il l'était, pour l'Est du Québec, où les vents viennent de plusieurs directions. Vous m'avez aussi expliqué que si les vents sont directionnels, comme en Californie, on peut augmenter le nombre d'éoliennes par unité de surface et produire plus de mégawatts par kilomètre carré.

D'autre part, comme je mentionne mon article, il est vrai qu'on peut pratiquer certaines activités, comme l'agriculture, sous les éoliennes. Mais vous conviendrez avec moi que la vocation du territoire s'en trouvera quand même changée : construiriez-vous votre

maison au milieu d'un parc d'éoliennes ?

Finalement, l'article mentionne également le contrat d'achat d'électricité qu'Hydro-Québec a signé avec le fabricant d'éoliennes Kennebunk, au coût évité du projet Grande-Baleine. Le tableau comparatif des coûts des différentes filières de production d'électricité a été établi à partir de données fournies par Hydro-Québec, et la source était clairement indiquée.

**Isabelle**  
Montpetit  
journaliste

Il faut ici faire la différence entre les promesses d'un « immense potentiel » et la dure réalité. Dans les faits, je le rappelle, les deux plus importantes éoliennes

jamais mises en place au Québec ont failli. Celle des Îles-de-la-Madeleine n'est plus qu'une relique touristique, alors que celle de Cap-Chat attend toujours qu'on la consolide sur son socle, après avoir consacré plus de 30 millions de dollars à sa mise en place. Force est de reconnaître que, jusqu'à présent, le vent n'a pas su, ou n'a pas pu, changer grand-chose dans le paysage énergétique proprement québécois.

**René Vézina, journaliste**

### Donnez-nous vos commentaires !

Vous aimez, détestez, contestez un article de Québec Science ? Vous avez des commentaires et des suggestions sur le magazine ? Faites-nous le savoir. Écrivez-nous à l'adresse suivante, ou envoyez-nous une télécopie au (514) 843-4897.

### Québec Science

425, rue De La Gauchetière Est  
Montréal (Québec)  
H2L 2M7

## Québec Science



CEGEP de Jonquières

Publié par  
La Revue Québec Science  
425, rue De La Gauchetière Est,  
Montréal, Québec,  
H2L 2M7

### DIRECTION

Directeur général : Michel Gauquelin  
Adjointe administrative : Joan Lacasse

### RÉDACTION

Rédacteur en chef : Étienne Denis

Comité de rédaction : Patrick Beaudin, Raymond Lemieux, Rosemonde Mandeville, Isabelle Montpetit, Gilles Parent, Sarah Perreault, Anne-Marie Simard, Pierre Sormany, René Vézina, Yanick Villédieu

Collaborateurs : Éric Bernatchez, René Caissy, Claire Chabot, Benoît Chapdelaine, Pierre Chasténay, Marie-Claude Ducas, Luc Dupont, Jean-Marc Fleury, Laurent Fontaine, Lyne Fréchet, Stéphane Gagné, Claude Lafleur, Raymond Lemieux, Isabelle Montpetit, Danielle Duelliet, Guy Paquin, Gilles Parent, Denyse Perreault, Reynald Pepin, Pedro Rodrigue, Anne-Marie Simard, Pierre Sormany, René Vézina

Les journalistes de Québec Science sont indépendants.

Correction : Natalie Boulanger

### PRODUCTION

Direction artistique : Normand Bastien  
Séparation de couleurs, pelliculage électronique  
et impression : Interweb

### COMMERCIALISATION

Publicité : Jean Thibault, Nathalie Forget  
Abonnements : Nicole Bédard  
Distribution en kiosques : Messageries Dynamiques

### ABONNEMENTS

Tarifs (taxes incluses)	Au Canada	À l'étranger
1 an (10 numéros)	34,67 \$	43,00 \$
2 ans (20 numéros)	59,86 \$	75,00 \$
3 ans (30 numéros)	83,20 \$	105,00 \$
À l'unité	3,99 \$	4,50 \$
Groupe		
(10 ex./ même adresse)	31,20 \$	Non disponible

Pour abonnement et changement d'adresse  
QUÉBEC SCIENCE

C.P. 250, Silfery (Québec) G1T 2R1

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

Québec Science, magazine à but non lucratif, est publié 10 fois l'an par la revue Québec Science. 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.

### ABONNEMENTS ET CHANGEMENTS D'ADRESSES

Téléphone : (418) 657-4391

### PUBLICITÉ

Téléphone : (514) 227-8414  
Télécopieur : (514) 227-8995

### RÉDACTION

Téléphone : (514) 843-6888  
Télécopieur : (514) 843-4897

Dépôt légal : Bibliothèque nationale du Québec  
Deuxième trimestre 1994, ISSN-0021-6127  
Répertorié dans Point de repère et dans l'Index des périodiques canadiens.

© Copyright 1994 - Le Revue Québec Science

Imprimé sur papier contenant 50 % de fibres recyclées et 40 % de fibres désencrées (post-consommation)

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

Membre de :  
The Audit Bureau  
CPPA



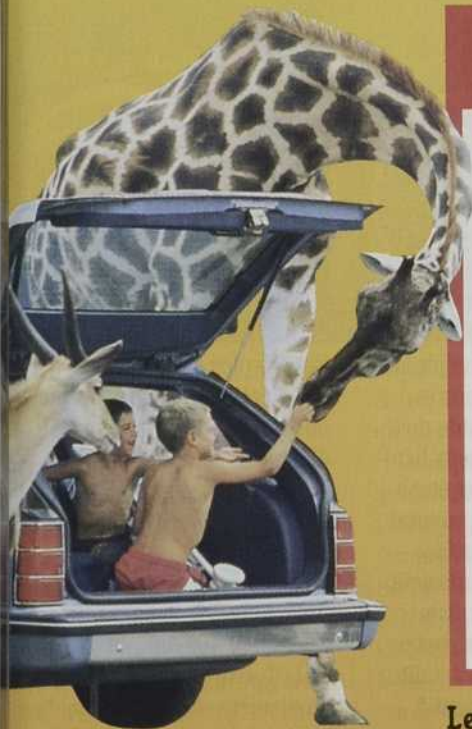
Québec Science est produit gratuitement sur cassette par l'Audiotèque, pour les personnes handicapées de l'imprimé.  
Téléphone : (418) 627-8882

# Le Parc Safari évolue et vous offre un monde de découvertes pour les enfants et surtout... pour toute la famille!



Parc Safari est un lieu de sauvegarde des espèces animales menacées et un espace unique de récréation et de plaisir pour toute la famille...

Parcourez le Safari automobile... visitez la Ferme de Mathurin, le Sentier des chevreuils, la passerelle et les enclos. Voyez "Justice", 15 comédiens, 60 animaux savants. Rafrâchissez-vous dans la Crique magique... regardez les enfants s'amuser dans l'aire de jeux et dans les manèges. **Redécouvrez le Parc Safari...**



## NOUVEAU!

Le Kikuyuzoo fera rire et rebondir les enfants!...

### PLUS...

pour les petits de 18 mois à 8 ans... un lac pour la baignade égayé d'un "lave-auto pour enfants" d'où ils ressortiront propres, propres et prêts à se resalir aussitôt!

### PLUS...

15 nouvelles espèces animales (75 espèces en tout) dont... en première au Québec...

### les bongos!

## FORAITS PAS CHERS

**99.75\$**  
(111\$ T.T.I.)

Hôtel Best Western / Saint-Jean-sur-Richelieu  
(514) 348-7376 ou 1-800-667-3815

Motel National / Brossard  
(514) 466-6756 ou 1-800-465-0041

Hôtel Delta / Valleyfield  
(514) 373-1990

Motel Parisienne / Valleyfield  
(514) 373-9837

Motel La Colonie / Brossard  
(514) 466-2186 / 1-800-565-2186

Le prix du forfait inclut:  
1- l'hébergement (occupation quadruple)  
2- l'entrée au Parc Safari (automobile et passagers)  
3- nuit additionnelle: 50\$

Le Parc Safari amélioré... un espace récréatif naturel pour toute la famille

**UNE ENTRÉE GRATUITE ADULTE À 17\$**  
avant le 30 juin 94

Durant la saison 1994  
Maximum 1 coupon par voiture

Visitez le Parc Safari avant le 30 juin 94 et recevez un coupon rabais

**de 50%**

valable lors d'une seconde visite au Parc Safari durant la saison 1994

Coupon rabais **de 10\$**

sur tout achat de 20\$ et plus à la Boutique Safari

Avant le 30 juin 1994  
Maximum 1 coupon par famille

# Actualités

Astronomie

## Mode d'emploi pour observer l'éclipse

Voici les réponses à la plupart de vos questions au sujet de l'éclipse solaire du 10 mai 1994.

par Pierre Chastenay

Le 10 mai, en début d'après-midi, « le Soleil a rendez-vous avec la Lune » dans le ciel du Québec. L'événement est rare : ce n'est pas avant 40 ans que les Québécois auront à nouveau la chance d'assister à une telle rencontre céleste. Les éclipses de Soleil sont sans doute les phénomènes astronomiques les plus spectaculaires qui soient, et des dizaines de milliers d'amateurs n'hésitent pas à s'envoler pour le bout du monde afin de se tenir pendant de courtes minutes dans l'ombre de la Lune. Heureusement pour nous, et si la météo collabore, nous pourrions profiter du spectacle sans même nous déplacer !

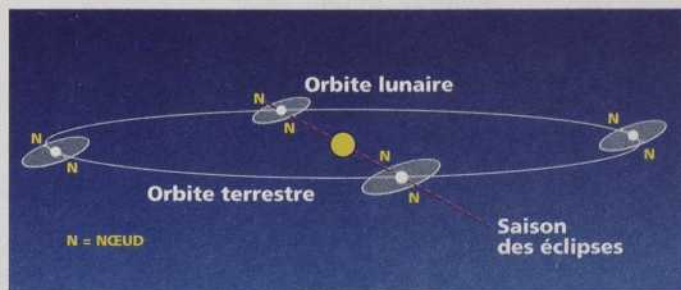
Il se produit une éclipse de Soleil lorsque la Lune s'interpose entre la Terre et le Soleil et projette son ombre sur notre planète. Les éclipses de Soleil se produisent donc nécessairement à la nouvelle lune. Mais pourquoi n'y a-t-il pas une éclipse de Soleil à chaque nouvelle lune ? En réalité, la situation n'est pas aussi simple. Si l'orbite de la Lune autour de la Terre était dans le même plan que l'orbite de la Terre autour du Soleil (le plan de l'écliptique), chaque nouvelle lune

provoquerait à coup sûr une éclipse de Soleil. Mais l'orbite de la Lune est inclinée de  $5^\circ$  par rapport à l'écliptique. La plupart du temps, la nouvelle lune se trouve donc un peu au-dessus ou un peu en dessous du plan de l'écliptique. L'ombre de la Lune passe alors trop loin au-dessus ou en dessous de la Terre pour produire une éclipse.

Mais l'orbite de la Lune croise celle de la Terre en deux points, appelés les nœuds de l'orbite de la Lune. Deux fois par année, la ligne imaginaire qui relie les nœuds pointe vers le Soleil. C'est au cours de ces périodes, que l'on appelle les saisons d'éclipses, que les éclipses peuvent se produire. En effet, lorsque la nouvelle lune se produit à proximité d'un nœud, et donc près du plan de l'écliptique, son ombre peut alors attein-

dre la Terre et provoquer une éclipse de Soleil.

Cette éclipse de Soleil ne sera toutefois pas visible par tous les habitants de la planète en même temps. Le diamètre de l'ombre que la Lune projette sur Terre n'est en effet pas très large, à peine la distance entre Montréal et Québec. Au cours de l'éclipse, l'ombre de la Lune balaie la surface terrestre, traçant un long couloir large d'à peine 300 kilomètres, que l'on appelle la bande de totalité. Seuls les chanceux habitant à l'intérieur de cet étroit couloir, qui ne couvre au total que 1/2 de 1 % de la surface terrestre, assistent à une éclipse totale. Jusqu'à une distance de 3 500 kilomètres de part et d'autre de la bande de totalité, les observateurs assistent à une éclipse partielle, d'autant plus profonde qu'ils sont proches de la bande de totalité.



Kuujuak, 13h45



Sept-Îles, 13h51



Québec, 13h43



Encore plus au nord ou plus au sud, l'éclipse n'est pas visible du tout. Vue de ces régions éloignées, c'est comme si la Lune passait complètement au-dessus ou en dessous du disque du Soleil.

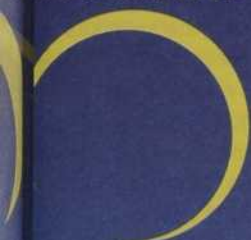
La Lune est 400 fois plus petite que le Soleil, mais elle est également 400 fois plus proche de la Terre, ce qui lui confère un diamètre apparent semblable à celui du Soleil. Les éclipses totales de Soleil sont donc le résultat d'une coïncidence extraordinaire, unique dans tout le système solaire. Mais l'orbite de la Lune autour de la Terre n'est pas un cercle parfait, plutôt une ellipse. La distance entre la Terre et la Lune varie donc de 360 000 à 405 000 kilomètres, selon la position de la Lune sur son orbite, ce qui entraîne une variation du dia-

**La Lune est 400 fois plus petite que le Soleil, mais elle est également 400 fois plus proche de la Terre, ce qui lui confère un diamètre apparent semblable à celui du Soleil.**

trois-Rivières, 13h40



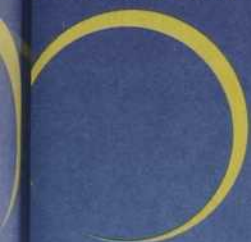
ull-Ottawa, 13h33



Montréal, 13h38



Sherbrooke, 13h41



Burlington (Vermont), 13h38



mètre apparent de la Lune. Si une éclipse se produit lorsque la Lune est proche de la Terre, le diamètre apparent de la Lune est égal ou supérieur à celui du Soleil. L'éclipse est alors totale : tout le disque solaire est caché par la Lune, ce qui provoque une véritable nuit artificielle pendant quelques minutes. On voit alors apparaître la couronne, un spectaculaire halo blanc autour du disque solaire, ainsi que les planètes et les étoiles qui brillent en plein jour !

Mais si l'éclipse se produit au moment où la distance entre la Terre et la Lune est plus grande, le diamètre apparent de la Lune est plus petit que celui du Soleil. L'éclipse est alors annulaire : au plus fort de l'éclipse, la Lune cache le centre du disque solaire, mais laisse

paraître le bord extérieur du Soleil. On ne voit plus du Soleil qu'un mince anneau lumineux.

L'éclipse du 10 mai 1994 sera annulaire pour tous les observateurs qui se trouveront directement dans l'axe Soleil-Lune. La bande d'annularité longera le sud de la frontière entre le Québec et les États de la Nouvelle-Angleterre. Pour toutes ces régions, la Lune cachera 89 % de la surface du Soleil. L'anneau de Soleil encore visible sera très mince.

Vue du Québec, l'éclipse du 10 mai sera partielle. Le Soleil apparaîtra sous la forme d'un mince croissant, d'autant plus mince que nous nous trouvons près de la zone d'annularité. Pour les localités situées près de la frontière canado-américaine, comme Montréal, Sherbrooke ou Drummondville, la

Lune cachera 88 % de la surface du Soleil. L'éclipse sera moins profonde vue de localités plus au nord. À Chicoutimi, par exemple, seulement 80 % de la surface du Soleil sera éclipsée; à la Baie-James, la Lune cachera un peu moins de 60 % de la surface du Soleil.

À Montréal, l'éclipse débutera à 11 h 55 (HAE) et atteindra son maximum à 13 h 38. À partir de ce moment, les mêmes phases se dérouleront à l'envers, jusqu'à ce que l'éclipse se termine à 15 h 17. L'ombre de la Lune se déplace d'ouest en est à près de 2 000 kilomètres à l'heure par rapport à la surface terrestre. L'éclipse débutera donc un peu plus tard pour les localités situées à l'est de Montréal, plus tôt pour celles plus à l'ouest.

L'observation d'une éclipse de Soleil, surtout d'une éclipse partielle, doit être entourée de beaucoup de précautions. Au cours d'une éclipse, la luminosité du Soleil diminue au point où son observation directe à l'œil nu peut devenir supportable. Malgré cette impression de confort, suffisamment de

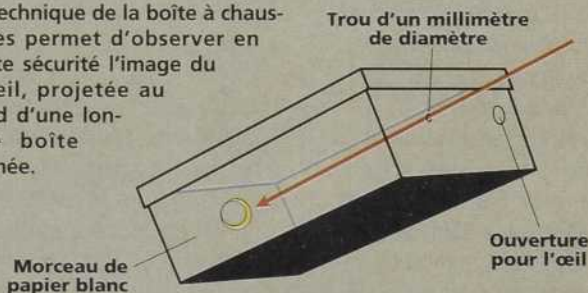
rayons solaires pénètrent encore l'œil pour causer de graves brûlures à la rétine, brûlures souvent irréversibles. Il est donc impératif de protéger adéquatement ses yeux tout au long de l'éclipse (*voir l'encadré ci-dessous*). Si vous possédez un petit télescope ou des jumelles montées sur un trépied, pointez-les vers le Soleil en minimisant leur ombre — ne regardez jamais à travers l'instrument, il concentre la lumière comme une loupe ! Plusieurs personnes à la fois peuvent ainsi regarder l'image du Soleil projetée sur le sol ou sur un écran.

Peu importe la méthode d'observation utilisée, exercez-vous un peu avant l'éclipse pour vérifier si votre technique est au point. Une fois prêt, il ne vous restera plus qu'à souhaiter un ciel sans nuages. Sinon, armez-vous de patience : la prochaine éclipse de Soleil de cette importance, visible du Québec, aura lieu le 8 avril... 2024 ! ●

*Pierre Chastenay est astronome au Planétarium de Montréal.*

## Les dangers d'une éclipse

Il ne faut jamais regarder directement une éclipse. Jamais, à moins d'avoir un filtre suffisant. Qu'est-ce qu'un filtre suffisant ? Il en existe deux sortes : le verre de soudeur numéro 14 (rien de moins), disponible dans certaines quincailleries, et le mylar aluminisé, que vous trouverez dans les boutiques d'astronomie. Pensez également aux enfants de votre entourage ! La technique de la boîte à chaussures permet d'observer en toute sécurité l'image du Soleil, projetée au fond d'une longue boîte fermée.



## Paléontologie



H. Hofmann / Université de Montréal

## Les premiers « vrais » Québécois

Un siècle après le début des explorations minières en Abitibi, des géologues viennent de découvrir une curieuse formation calcaire d'origine... vivante.

par Michel Groulx

Quoi qu'en disent les « peuples fondateurs », « Québécois de souche » et autres « premières nations », les tout premiers habitants du Québec n'étaient ni blancs ni rouges, mais verts; ils ne vivaient ni de commerce ni de chasse, mais de photosynthèse; et ils se sont installés en terre québécoise quelque peu avant nous, humains, soit il y a 2,7 milliards d'années !

C'est du moins l'avis du géologue Mario Masson, d'Explorations Noranda Limitée, et du paléontologue Hans Hofmann, du département de géologie de l'Université de Montréal. Récemment, ces deux chercheurs

ont annoncé avoir découvert, en Abitibi, les traces de vie les plus anciennes de tout l'est du Canada : des stromatolithes.

Les stromatolithes sont des formations calcaires érigées à partir de colonies d'algues microscopiques, les cyanophycées ou algues bleu-vert. Ces organismes, dont les plus vieux fossiles remontent à 3,5 milliards d'années, ont probablement été, avec les bactéries, les premiers êtres vivants organisés à coloniser notre planète.

Ces vestiges vénérables ont été localisés par Mario Masson et son équipe au cours d'un voyage d'exploration minière à Joutel, près de Matagami. En

étudiant un affleurement rocheux, ils observent de curieux blocs de calcaire. « Leur présence était inhabituelle, indique le géologue. Il y a 2,7 milliards d'années, l'Abitibi était un immense massif volcanique submergé. En général, les roches que l'on trouve dans la région sont d'origine volcanique. »

Or, les calcaires, des roches sédimentaires, sont souvent d'origine biologique. L'équipe de Noranda a donc supposé qu'elle avait sous les yeux des stromatolithes très anciens, bien qu'un siècle d'exploration minière n'ait jamais permis d'en trouver en Abitibi. Une

étude menée par le paléontologue Hofmann a confirmé que les géologues avaient vu juste. « Même s'il n'est plus possible de voir les algues (celles-ci se sont putréfiées depuis longtemps), une coupe des stromatolithes permet d'observer de fines stratifications, ou lamina, fait-il remarquer. Ces lamina témoignent de la croissance de la colonie d'algues, un peu comme les anneaux de croissance d'un arbre. »

De plus, le microscope révèle des structures ayant servi à emmagasiner de l'amidon, une activité propre aux végétaux (l'amidon provient de la photosynthèse, c'est-à-dire de la transformation du gaz carbonique en sucres sous l'effet de la lumière). Le chercheur était ainsi certain d'avoir sous les yeux des vestiges d'algues fossiles, et non de bactéries, lesquelles ne font pas de photosynthèse. L'oxygène de notre atmosphère provient sans doute de cette activité photosynthétique.

L'étude de ces fossiles a permis d'amasser une étonnante moisson de renseignements. On croit qu'ils se sont développés à une faible profondeur, sur les pentes d'un volcan sous marin dont l'activité a cessé momentanément. En effet, les stromatolithes, dont il existe encore des représentants vivants sur la planète, se forment toujours près de la surface de l'eau, au maximum à 50 mètres, à cause de leur besoin de lumière. Cependant, ils ne croissent que dans les eaux calmes, à l'abri des vagues, soit au moins à 20 mètres. Le professeur Hofmann est fier d'avoir pu ainsi chiffrer précisément la profondeur d'une colonie d'algues sous-marine vieille de près de 3 milliards d'années !

La présence de ces algues aurait également été favorisée par des sources hydrothermales, des geysers sous-marins d'eau chaude riches en



## Les maux amérindiens

Les psychologues doivent modifier leur approche envers les Amérindiens. C'est une psychologue qui l'affirme. Régulièrement appelée à intervenir dans les communautés montagnaises, criées et algonquines, Francine Jourdain donne un exemple : « Beaucoup de problèmes de schizophrénie ont été diagnostiqués chez les personnes que je rencontre, mais souvent à tort. Probablement parce que ces personnes ne pouvaient pas établir une communication efficace avec le travailleur social ou le thérapeute. Peut-être aussi parce que ces comportements ont été mal interprétés et fausement associés à des pathologies.

« En somme, dans les réserves, les troubles mentaux graves sont assez rares, poursuit-elle. Plus rares qu'on ne le laisse entendre. J'ai rencontré environ 800 personnes; deux d'entre elles ont montré, selon moi, de réels troubles psychotiques : des hallucinations et une perte du sens de la réalité. »

Quoi ? Mais alors l'alcoolisme, la criminalité, les suicides, les abus sexuels, la violence familiale ? « Il faut plutôt essayer de situer cela dans le contexte culturel avant de poser des diagnostics fermes, affirme Francine Jourdain. Avant, il y avait des problèmes familiaux, mais ça faisait partie de la vie... Aujourd'hui, sans vouloir faire de politique, la perte de valeurs culturelles et spirituelles chez les autochtones constitue un stress majeur, un stress hors de proportion qui les déroute et qu'on a encore du mal à circonscrire. »

Les propos de cette psychologue montagnaise donnent un avant-goût du rapport portant sur la santé mentale et les autochtones, rapport auquel elle a collaboré et qui sera publié prochainement par le Comité de la santé mentale du Québec, un organisme gouvernemental.

Une série de propositions doivent découler de ce rapport. Vraisemblablement, les psychologues seront invités à réviser leur manière d'analyser les problèmes amérindiens. « L'efficacité de leur intervention en dépend », souligne Francine Jourdain.

Raymond Lemieux

minéraux dissous. Les micro-organismes utilisaient ces minéraux pour croître. De telles sources sont d'ailleurs à l'origine de plusieurs gisements d'or, de cuivre et de zinc trouvés en Abitibi. Certains chercheurs croient que les sources hydrothermales sont les creusets où la vie est apparue, il y a peut-être 4 milliards d'années.

Cette découverte n'indique pas nécessairement la présence d'un gisement lucratif. Elle ne marque pas non plus la première occurrence de vie sur la planète (les plus anciens fossiles découverts sont plus vieux de 0,8 milliard d'années et proviennent d'Australie et d'Afrique du Sud). Néanmoins, elle complète nos connaissances sur ces tout premiers Québécois... qui sont aussi, sans doute, les ancêtres de toute la création ! ●

### *Vous rêvez de marcher sur la Lune ?*

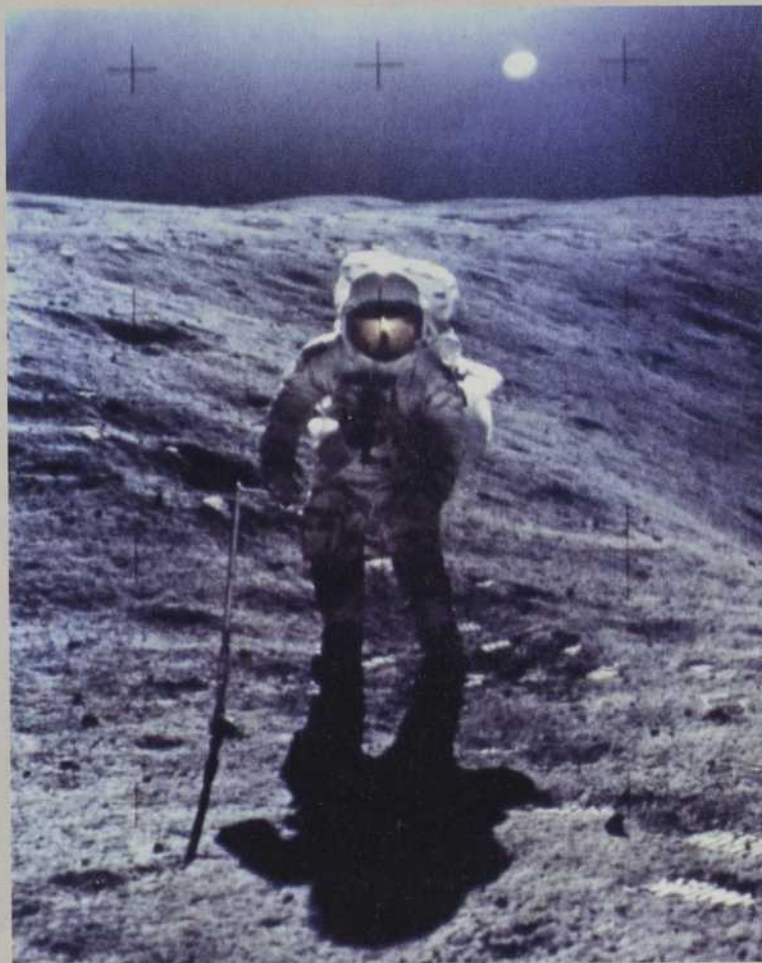
## Faites-le par robot interposé !

Une société américaine, Luna Corporation, prévoit faire de gros sous en envoyant sur la Lune un robot téléguidé. L'engin, dont le lancement est prévu pour 1997, aura une vocation non pas scientifique mais... ludique !

On projette d'envoyer, par exemple, l'humanoïde en balade sur le célèbre site d'Apollo 11 (où le premier homme marcha sur la Lune), en ayant bien pris soin de vendre à prix d'or les droits de diffusion de l'événement. On offrira aussi aux amateurs de sensations fortes — riches de préférence — l'expérience de téléguider eux-mêmes l'engin sur le sol lunaire. Et, bien sûr, les entreprises en mal de visibilité pourront faire porter leur produit par le robot lui-même.

Selon les estimations, les coûts du projet varieront entre 90 et 120 millions de dollars. Le robot sera construit par un scientifique de l'Université de Pittsburgh qui termine actuellement, pour le compte de la NASA, un robot semblable capable de descendre dans des volcans. Quant au transport vers la Lune, il sera assuré par une entreprise de San Diego qui compte utiliser des fusées russes.

Luc Dupont



# Les protéines du diabète

Les experts de l'Association canadienne du diabète recommandent aux diabétiques un régime réduit en protéines. Cette recommandation est aujourd'hui remise en question. Des chercheurs soupçonnent en effet qu'un tel régime pourrait avoir des conséquences néfastes sur leur santé.

par Isabelle Depocas

Depuis 2000 ans, le diabète est décrit comme étant une maladie caractérisée par un taux de sucre élevé dans le sang (hyperglycémie). Les traitements actuels consistent

Médecin interniste à l'hôpital Royal Victoria et docteur en sciences de la nutrition, John Hoffer croit qu'un tel régime pourrait entraîner chez

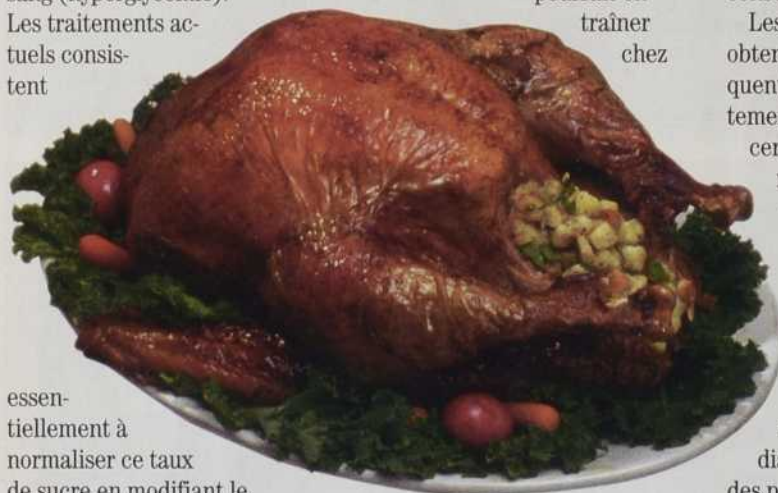
mandées en protéines, on n'a pas encore constaté de déficiences en protéines chez ces patients, ni pu en observer les conséquences.

Les résultats préliminaires obtenus par John Hoffer indiquent que, même avec un traitement optimal à l'insuline, certains patients ne peuvent répondre normalement à un régime hypoprotéique. Ces patients souffrent d'anomalies significatives, dont un affaiblissement de la masse musculaire. La mesure de la production d'urée met en évidence chez les diabétiques un gaspillage des protéines qui n'existe pas chez les individus physiologiquement normaux. À l'étape actuelle des recherches, il semble que ce gaspillage augmente avec la dose d'insuline. Ces résultats corroborent ceux d'une étude américaine récente menée par

Irwin Brodsky et parue dans le *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*.

Si les rapports préliminaires sont confirmés par les résultats à long terme et les essais cliniques ultérieurs, le traitement du diabète insulino-dépendant pourrait être mieux ciblé. L'approche du diabète, comme celle de n'importe quelle autre maladie, se fonde essentiellement sur les connaissances dont nous disposons sur sa physiopathologie; des connaissances plus précises permettront donc la mise au point d'un traitement spécifique, et par là plus efficace, de cette maladie très fréquente au Québec. ●

**Le diabète est non seulement une maladie du métabolisme du sucre, mais aussi des protéines.**



essentiellement à normaliser ce taux de sucre en modifiant le régime alimentaire et/ou en administrant de l'insuline. Mais, aujourd'hui, la communauté scientifique est convaincue qu'un problème du métabolisme des protéines est également lié à cette pathologie.

En effet, certains indices laissent croire qu'un régime réduit en protéines est susceptible de diminuer, voire d'éliminer, le risque d'insuffisance rénale, une complication majeure du diabète. C'est pourquoi les experts de l'Association canadienne du diabète recommandent aux diabétiques un régime réduit en protéines.

Mais des chercheurs comme John Hoffer remettent en question cette recommandation.

le diabétique des dommages plus graves qu'on ne le pense. Le Fonds de la recherche en santé du Québec finance ses études sur les besoins en protéines des diabétiques.

Précisons que les experts de l'Association canadienne du diabète n'ont pas entrepris de recherches afin de vérifier si le régime qu'ils recommandent comporte effectivement des risques pour la santé du diabétique comme, par exemple, une diminution de la masse musculaire. Puisque dans les pays industrialisés, un peu tout le monde — y compris les diabétiques insulino-dépendants — consomme en moyenne le double des doses recom-



## Confidentiels, les travaux de recherche ? Pas sûr...

**S**elon la Loi sur l'accès à l'information, n'importe qui pourrait demander les données de recherche ou les protocoles expérimentaux d'un chercheur avant même que ses travaux soient publiés ! Face à cette éventualité, les universités sont sur le qui-vive : plagiat, intrigue et autres cabales sont aujourd'hui à la portée de tous.

L'été dernier, les universités ont en effet eu à se défendre devant la Commission d'accès à l'information parce qu'elles refusaient de divulguer des documents. Un groupe écologiste voulait alors évaluer le danger que constituaient des travaux de recherche sur le compostage des boues de désencrage de la papetière Daishowa. Les documents demandés : protocole expérimental et résultats d'analyse. Une première.

L'Université Laval a promptement réagi, et c'est avec l'appui de la Conférence des recteurs et des principaux des universités du Québec, la CREPUQ, qu'elle s'est opposée aux demandes des écologistes. Cette levée de boucliers du milieu universitaire s'explique par le souci de protéger les fruits de la recherche scientifique face à une loi qui ne reconnaît pas le caractère particulier du travail scientifique.

Première cause de la Commission dans l'histoire universitaire, elle n'a pourtant pas fait jurisprudence, malgré les espoirs de la CREPUQ. Les universitaires auraient aimé que le commissaire reconnaisse le caractère préliminaire des travaux de recherche, dont la divulgation pourrait compromettre la carrière du chercheur. Imaginez l'embarras d'un scientifique qui voudrait publier ses résultats, alors qu'un collègue peu scrupuleux les aurait déjà rendus publics !

L'université a gagné sa cause, mais pas pour cette raison. Les résultats de recherche sur la transformation des boues de désencrage en compost étaient protégés par le secret industriel, une exception clairement indiquée dans la loi, car leur divulgation risquerait de causer une perte financière à l'organisme ou de procurer un avantage à une autre personne.

La culture scientifique fait encore ici défaut. Alors que les universités auraient voulu faire reconnaître la nature spécifique du travail scientifique dans un contexte de compétitivité nationale et internationale, on leur a répondu par l'approche économique. Le débat reste ouvert.

Claire Chabot



## LOGICIELS ÉDUCATIFS

### MATHÉMATIQUE

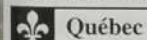
#### Hypermath

Prix Apolog 1992

Découvrez les principales notions de géométrie, des fonctions trigonométriques et des coniques de façon dynamique et interactive. Avec plus de 180 écrans présentant les théorèmes et leurs démonstrations, Hypermath vous permet d'établir la correspondance entre la fonction et son tracé tout en accédant aisément aux notions théoriques.

#### Configuration requise

Macintosh avec 2 Mo de mémoire vive; disque rigide et Hypercard™ 1.2.5 ou 2.0.



Ce logiciel a été produit avec le soutien et la collaboration du ministère de l'Éducation du Québec

### BOTANIQUE

#### L'herbier Marie-Victorin

Prix innovation technologique '93

Explorez le monde végétal à l'aide de l'encyclopédie interactive. Apprenez à construire votre propre herbier! Découvrez l'histoire de la botanique grâce à la ligne du temps. Grâce à l'hypertexte, vous n'avez qu'à cliquer sur «Champlain» et le glossaire s'ouvre immédiatement! Des heures d'exploration et de découvertes s'offrent à vous!

#### Configuration requise

Macintosh couleur (LC et tout les Mac II); mémoire vive de 4 Mo; moniteur couleur 14" et lecteur CD-ROM.

### BIOLOGIE

#### Bio-100

Voici un jeu éducatif visant l'acquisition d'un vocabulaire de base en biologie.

Les neuf thèmes: l'oreille, le squelette, la circulation, l'oeil, le coeur, les muscles, la digestion, la sexualité et la dent sont disponibles pour l'exploration dans une partie ou la chance et la stratégie sont nécessaires.

#### Configuration requise

IBM PC ou compatible; mémoire vive de 256 Ko; carte graphique.



3155 HOCHELAGA  
MONTREAL, QC  
H1W 1G4  
TELEPHONE:  
(514) 528-8791  
FAX:  
(514) 526-9192

Nous distribuons au-delà de 150 titres de logiciels éducatifs dans toutes les matières académiques, du préscolaire à l'université. Demandez notre catalogue!

Produits disponibles chez MICRO-BOUTIQUE  Détaillant autorisé APPLE

Veuillez me faire parvenir votre catalogue GRATUIT!

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

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

Ville: \_\_\_\_\_

Province: \_\_\_\_\_ Code postal: \_\_\_\_\_

Ordinateur:  PC  Macintosh



Une simple mutation, et une mouche peut se transformer en monstre : des pattes poussent à la place de ses antennes. Derrière cette curiosité, les gènes homéotiques. Depuis trois ans, on commence à comprendre leur importance.

par Guy Paquin

**E**n 1894, le grand généticien anglais William Bateson eut la surprise de sa vie. Depuis des années, il croisait des populations d'insignifiantes petites mouches à fruits, les drosophiles, dans l'espoir d'obtenir à l'occasion des individus mutants, ayant, par exemple, l'abdomen plus pâle ou plus foncé. Il espérait par ses patients travaux étendre au règne animal les lois de l'hérédité de Mendel, alors jugées valables pour le règne végétal. Notre chercheur allait en avoir pour son argent !

Saisissant un petit cadavre de mouche à la pincette, il la retourna, l'examina à la loupe et écarquilla les yeux. En lieu et place de l'antenne gauche, cette drosophile présentait une paire de pattes parfaitement conformées ! Peu banal. Dans les semaines qui suivirent, Bateson retrouva quelques fois cette aberration. Les déductions que le génial Britannique tira d'une aussi simple — quoique surprenante —

découverte furent capitales pour la génétique actuelle. En fait, si les généticiens s'emballent depuis 5 à 10 ans pour une certaine catégorie de gènes, que Bateson a lui-même nommés « homéotiques », c'est beaucoup grâce aux déductions de Bateson à propos de ses monstrueuses drosophiles.

De quoi s'agit-il ? Bateson, qui connaissait sa drosophile comme s'il l'avait pondue, savait qu'avant d'atteindre le stade adulte, elle passe par une phase embryonnaire mouvementée pendant laquelle elle se sépare en segments assez semblables qui recevront ensuite les caractères « tête », « thorax », « abdomen ». La mutation antenne-pattes (*antennaedia*, de son nom latin) devait s'expliquer comme suit : un gène s'exprimant d'ordinaire dans le segment « thorax », où sont localisées les pattes, s'exprime dans un autre segment, celui de la « tête », mais avec le résultat habituel, soit l'apparition d'une paire de pattes.

# Les gènes homéotiques

Conséquence obligatoire : un groupe de gènes segmente l'embryon et lui donne une organisation spatiale antéro-postérieure grossière; un autre groupe vient ensuite caractériser chaque segment. Ce second groupe peut parfaitement opérer en dehors de son champ normalement désigné; il doit donc être instruit par un signal quelconque de n'opérer que dans le segment convenable. Sans quoi, les pattes poussent sur la tête et les pieds nous sortent des oreilles!

Les déductions de Bateson sont devenues un véritable programme de recherches qui occupe les généticiens depuis près d'un siècle. Et les plus brillantes victoires sont toutes récentes.

Les gènes responsables du développement spatial normal de l'embryon sont extraordinaires à plus d'un titre. Prenons ceux de la drosophile. Huit gènes homéotiques se chargent de spécifier la destinée de chaque segment. Ils sont groupés en deux complexes le long du chromosome 3 de l'animal. Et là, surprise, dans chaque complexe, les gènes situés à chaque extrémité codent pour chaque extrémité de l'embryon. Chaque groupe de gènes a donc une structure gauche-droite correspondant à l'organisation antéro-postérieure de l'embryon! On parle alors de colinéarité spatiale entre le groupe de gènes et l'embryon.

En plus, la chaîne de gènes constitue une sorte de calendrier puisque les gènes d'un groupe ne s'expriment pas tous ensemble. Ils parlent chacun leur tour, en commençant par celui de droite, celui qui code pour la tête de l'embryon, puis son voisin, puis le voisin de celui-ci, et ainsi de suite jusqu'au dernier, à l'autre bout, celui qui

code pour la queue. Colinéarité temporelle...

Voilà pour le comportement social de ces fascinants architectes. Pris individuellement, ils ne sont pas mal non plus. Chaque gène homéotique code pour une protéine spécifique. Mais quand on compare entre elles les protéines fabriquées par les huit gènes homéotiques de la drosophile, on s'aperçoit que ces protéines ont un petit air de famille. Chez toutes ces protéines, il y a une région formée des mêmes 60 acides aminés, disposés dans le même ordre. D'une protéine à l'autre, l'homéodomaine — c'est le nom qu'on a donné à la région observée — est identique de 75 à 90 %.

Les spécialistes de la biologie moléculaire vous le diront : quand deux protéines ont une composition et une structure analogues, c'est souvent qu'elles ont une fonction biologique semblable. Dans le cas des protéines homéotiques, on a passé l'homéodomaine au peigne fin. Sa composition chimique est légèrement basique : il a donc une grande affinité avec les acides nucléiques, légèrement acides, formant les gènes. Sa structure (un bout en forme d'hélice, un fragment en forme de tour et l'autre bout en hélice) confirme sa capacité de se glisser au cœur des gènes et de déclencher leur mise en marche. On en déduit que les protéines homéotiques sont

**C'est prouvé.**

**Le développement de notre colonne vertébrale dépend des gènes homéotiques.**

des facteurs de transcription, des protéines chargées d'induire le fonctionnement de certains gènes. Les gènes homéotiques eux-mêmes, qui produisent ces facteurs de transcription, contrôlent donc directement d'autres gènes lors du développement des embryons animaux.

Voilà donc un groupe de gènes gouvernant l'apparition de structures dans l'embryon :

qui une antenne, qui une patte, qui une mandibule, etc. Mais la question que s'est posée Bateson en 1894 reste entière : par quel signal les gènes homéotiques apprennent-ils où parler et où se taire? Qu'est-ce qui éduque les homéogènes et qu'est-ce qui s'assure que la leçon reste bien apprise sous peine de produire des drosophiles sans queue ni tête?

Si la réponse est mieux connue aujourd'hui qu'il y a un siècle, elle n'est pas venue toute seule et elle n'est pas encore complète.

Premier jalon, les travaux de l'Allemande Hilde Mangold et de son collaborateur Hans Speman<sup>1</sup>. Au début des années 20, les deux chercheurs font des expériences sur des embryons d'amphibiens. Une section de l'embryon, appelé territoire, a une propriété singulière. Quand on la transfère de sa région ventrale d'origine à la face dorsale d'un autre embryon, elle forme un tout

nouvel axe dorso-ventral complet : on se retrouve à la fin avec des jumeaux siamois. Mangold et Speman donnent au surprenant territoire le nom d'« organisateur » et soupçonnent qu'il recèle des substances capables de faire intervenir les gènes du développement dans un ordre précis.

Cette substance est naturellement située au plus haut dans la hiérarchie génétique puisqu'elle commande aux gènes homéotiques qui, à leur tour, gouvernent la caractérisation des diverses zones antéro-postérieures de l'embryon. Quelle est cette substance et d'où sort-elle ? Comme l'embryon, la mystérieuse substance organisatrice de Mangold et Speman sort de l'œuf. Et l'œuf ? Élémentaire mon cher Speman, de la poule, de la mouche ou de la grenouille, c'est selon.

Il faudra attendre les années 80 et les magnifiques travaux de l'Allemande Christiane Nüsslein-Volhard pour nommer le mystérieux organisateur et découvrir sa provenance. Pour comprendre la séquence des événements qui va de la création de la substance organisatrice à son action sur les homéogènes, Nüsslein-Volhard a fait comme dans la Bible, au tout début de la Genèse. Elle s'est placée « au commencement »...

Au début de tout animal il y a une cellule, l'œuf. Cette dernière est entourée de cellules chargées de la nourrir et d'entreprendre son éducation. Dans ces cellules folliculaires, puisque c'est leur nom, un gène très curieux s'exprime. Pour être très précis, il ne s'exprime que dans une toute petite région du follicule, dans un tout petit nombre de cellules folliculaires. Le produit de ce gène maternel est un ARN messager qui passe des cellules folliculaires jusqu'à l'œuf, où il se diffuse lentement. Après un certain temps, il sera ainsi plus répandu dans la région de l'œuf par où il est entré que dans le point le plus éloigné de cette région.

Détail important, après la fécondation, le code génétique de l'œuf se réplique à toute vapeur sans que l'œuf se divise pour former d'autres cellules. On a donc une cellule unique disposant de centaines de codes génétiques éparpillés dans le cytoplasme et un ARN messager très inégalement distribué dans l'œuf.

À ce moment, l'ARN est transcrit en la protéine correspondante. Serez-vous surpris d'apprendre que cette protéine est elle-même une homéoprotéine et qu'elle a, comme toutes les autres « homéos », une affinité irrésistible pour les gènes ? Elle baigne littéralement dans une mer de gènes zygotiques. Là où la protéine est très

concentrée, elle va se jeter frénétiquement sur sa cible génétique et l'activer comme une bête. Là où la protéine est absente, c'est simple, il ne se passe rien. Résultat, il se passe quelque chose dans une région de l'œuf qui ne se passe pas ailleurs. L'œuf a déjà à ce moment (une petite heure après la fécondation dans le cas de la drosophile) une polarité tête-queue qui va se conserver après la division cellulaire.

Quelle est la cible de notre protéine d'origine maternelle ? Vous allez me dire que c'est une vraie obsession, mais oui, des homéogènes. (Décidément, dans le développement embryonnaire, ça se passe en comité restreint.) Ces homéogènes cibles de la protéine d'origine maternelle sont ceux qui sont responsables de segmenter l'embryon.

Ce que Nüsslein-Volhard a découvert, c'est d'abord le gène folliculaire « bicoid », sa protéine et le gène zygotique qu'il active, « gap ». « Gap » est un homéogène qui gouverne la segmentation de la partie postérieure de l'embryon de mouche. D'autres gènes maternels fournis par les follicules ont été découverts depuis, par l'équipe de Nüsslein-Volhard et d'autres. Certains agissent en inhibant plutôt qu'en activant des homéogènes, certains fonctionnent en diffusant des ARN comme « bicoid », d'autres en produisant localement des protéines de surface, mais en gros, les homéogènes maternels transforment l'œuf de masse indifférenciée en une série de territoires distincts, caractérisés par l'expression d'un gène spécifique et/ou l'inhibition de certains autres. Cette « territorialisation » est maintenue au cours de la division cellulaire et les caractères dépendant de l'expression des gènes homéotiques n'apparaissent que dans des territoires définis.

Cette histoire d'ARN d'origine maternelle formant un gradient dans l'œuf et dans l'embryon à ses débuts a quelques points communs avec le sucre au fond de votre tasse de café. Le sucre se dissout lentement et après un quart d'heure, il y a beaucoup de sucre au fond, un peu moins juste au-dessus, encore moins à mi-hauteur et très peu à la surface. Idem pour les ARN maternels bien que ceux-ci affrontent un drôle de problème : leur tasse ne cesse de grandir, par prolifération cellulaire. Le gradient peut bien s'étendre un peu, mais au bout d'un moment, la tasse grossit beaucoup plus vite que le gradient d'ARN maternel. Si les nouvelles cellules veulent retenir l'information contenue dans l'ARN, elles ne peuvent bientôt plus compter uniquement sur lui. Comment font-elles ?

Elles comptent sur le Grand Éteignoir.

## Ancêtre commun

D'après J.M.W. Slack, pionnier oxfordien des homéogènes, tous les animaux descendent d'un ancêtre commun qui fut le premier à adopter l'organisation antéro-postérieure conservée jusqu'à nous. Ainsi, pendant le Cambrien, il y a environ 600 millions d'années, des groupes de cellules auraient pour la première fois exhibé une structure spatiale organisée en segments, chaque segment se spécialisant pour remplir une fonction qui lui était unique. Ces organismes, on le déduit maintenant, auraient été les premiers à disposer de gènes homéotiques, sans doute en un seul complexe, un bout du complexe codant pour la tête de l'animal et l'autre bout pour la queue. Au cours de l'évolution, ces groupes de gènes homéotiques ont muté, se sont dédoublés, ont migré sur d'autres chromosomes, mais en gardant toujours leur rôle d'organisateur et de déterminant de la structure spatiale des animaux, des vers aux humains. Slack croit que tous les descendants du phylum *anima* passent par une phase de développement embryonnaire pendant laquelle ils ressemblent brièvement à leur ancêtre commun avant d'exprimer les gènes qui leur sont propres. Il suggère que tout vivant passant par ce stade soit défini comme étant un animal et que la possession de gènes homéotiques soit désormais un critère de définition de l'animalité. William Bateson aurait apprécié.

Le Grand Éteignoir est une protéine produite uniformément dans tout l'embryon par un homéogène appelé « polycomb ». La protéine polycomb se balade le long des gènes, repère les homéogènes et constate leur situation : activé ou pas activé. Si le gène a été activé par les protéines d'origine maternelle, polycomb lui fout la paix. Si le gène est inactif parce qu'aucune protéine maternelle ne l'a mis à *on*, polycomb le met pour toujours à *off*, confirmant les instructions maternelles. C'est grâce au Grand Éteignoir que les homéogènes codant des antennes sont empêchés de s'exprimer dans les régions de l'embryon où on ne les a pas sonnés. Ces gènes mis à *off* sont entourés d'une espèce de corset de chromatine. Un corset si serré que leur mutisme perpétuel est garanti. Si par malheur l'un des corsets est mal lacé, le gène se retrouve exposé aux substances qui les activent. Le pauvre animal se retrouve alors avec une patte dans le front !

Par certains côtés, nous l'avons vu, les homéogènes se parlent le long d'une imposante cascade d'événements moléculaires. Mais ils se parlent aussi le long des



Goetgheluck / Publiphoto

frontières de chaque territoire qu'ils ont contribué à définir. Deux homéogènes situés de part et d'autre d'une frontière territoriale se stimulent l'un l'autre par le biais de protéines espionnes capables de franchir la frontière. Au Centre hospitalier de l'Université Laval, le CHUL, Serge Côté travaille sur « Gooseberry », un gène qui, en plus de contribuer au développement des neurones, déclenche chez deux autres gènes une escalade d'espionnage et de contre-espionnage. Le premier gène produit un espion. Cette Mata-Hari protéique migre chez le voisin, stimule la fabrication d'une homéoprotéine qui, en plus d'aller rendre la pareille au territoire numéro 1, caractérise son propre territoire. Cette escalade maintient et accentue les différences entre régions destinées à devenir des tissus différents.

Voilà pour les mouches. Et nous ? Est-ce que le développement des vertébrés passe par des concerts d'homéogènes ? On en a douté puisque l'embryon de vertébré ne présente pas de structure en segments. Mais depuis les trois dernières années, non seulement on a identifié des complexes

d'homéogènes chez les poissons, les amphibiens, les souris et les humains, mais on a montré leur rôle capital dans l'organisation spatiale antéro-postérieure de l'embryon de vertébré.

Pendant notre développement embryonnaire apparaît une série de structures assez semblables qui se différencient par la suite. On les nomme somites, et ils sont appelés à former la structure la plus répétitive de notre organisme, la colonne vertébrale. Le développement des somites est sous le contrôle de gènes homéotiques.

Nos homéogènes ont aussi gardé leur façon de se grouper en complexes sur les chromosomes. Et chaque extrémité du complexe code pour une extrémité de l'embryon. Les colinéarités spatiales et temporelles ont été conservées pendant l'évolution.

Mark S. Featherstone, de l'Université McGill, étudie un gène homéotique de vertébré. Ce gène s'exprime dans la formation de la plus antérieure de nos vertèbres et dans le cerveau. En l'absence de ce gène, il ne nous pousse évidemment pas des antennes ou des pattes de mouche, mais on ob-

serve des malformations des vertèbres. Les vertèbres postérieures prennent également les caractères des vertèbres plus antérieures. Toujours cette question des territoires bien ou mal définis. Quand un homéogène ne fait pas son boulot, le voisin le fait en envahissant son espace vital.

En plus des somites, nos embryons présentent une autre structure à segments réguliers par homéogène : les rhombomères, destinés à devenir notre cervelet et notre bulbe rachidien, jouent un rôle fondamental dans la configuration normale de la tête.

Serge Côté suit ce dossier de très près. « Pax-3 » et « wint », deux gènes humains, sont respectivement les jumeaux des gènes de mouche « Gooseberry » — que Côté étudie — et « wingless ». Chez la drosophile, Gooseberry agit sur wingless. La question de Serge Côté : est-ce que chez l'humain pax-3 agit sur wint ? Quand il est déficient, pax-3 produit des enfants sourds dont certains souffrent aussi de spina-bifida. « Je dois donc établir ce qui arrive à wint en l'absence de pax-3 », explique le chercheur. On voit sans peine les enjeux médicaux de cette question.

Mais il y a une autre très grave question que soulèvent la découverte d'un vaste réseau d'homéogènes humains et les multiples preuves de leur contribution à notre développement, ainsi qu'au maintien de l'identité fonctionnelle de nos tissus et organes. Que se passe-t-il quand nos tissus et organes perdent leur identité ? Ils régressent alors à la phase préorganisationnelle de leur vie embryonnaire et se remettent à proliférer sans contrôle. Les frontières territoriales sont abolies, les dialogues entre espions sont supprimés et les cellules d'un territoire perdent tout respect pour les territoires voisins. C'est, en un mot, le cancer.

Nous savons aujourd'hui que les gènes homéotiques humains ont un contrôleur ultime, l'acide rétinoïque. Ce dernier a la curieuse propriété de bloquer la prolifération cancéreuse de tissus embryonnaires en culture et de provoquer leur re-différenciation. On a démontré que l'acide rétinoïque active un complexe de gènes homéotiques de droite à gauche et pas autrement, conformément à la colinéarité. Observations qui rendent l'élucidation du réseau acide rétinoïque-homéos-pax essentielle pour comprendre non seulement le développement embryonnaire normal, mais aussi ce qui semble son opposé adulte, le cancer. ●

<sup>1</sup> *Monsieur Speman a reçu le Nobel en 1935 pour ses travaux, mais madame Mangold, rien du tout...*

## MOUVEMENT SOCIAL

# Ras le bol?

**R**as le bol de l'environnement ? Ras le bol, certainement, du prêchi-prêcha. Elle est bien finie l'époque où nous prônions tous une société écolo-utopique pour remplacer cette bonne vieille société de consommation post-moderne. Finie l'ère de la sensibilisation, l'avenir de la planète ne passe plus par le bac à recyclage individuel qui se retrouve souvent au dépotoir. Finie l'époque des catastrophes annoncées, les dossiers du réchauffement planétaire et de la destruction de la couche d'ozone s'avèrent un peu plus complexes que prévu. Or, les problèmes complexes se vendent mal. D'où le flottement de l'opinion publique. Le nouveau problème qui soulève aujourd'hui l'indignation des foules est beaucoup plus facile à constater. C'est le chômage.

Dans un sondage Gallup publié cet hiver, moins de 1 % des Canadiens identifiaient l'environnement comme étant le plus important problème auquel ce pays doit faire face; le chômage récoltait le score de 45 %. Pourtant, cinq ans plus tôt, un sondage similaire concluait qu'environnement, emploi et inflation arrivaient nez à nez. La mode a changé. Tant mieux ou tant pis, c'est selon.

Ceux qui affirment que l'environnement est important mais agissent toujours exclusivement en fonction de l'économie en seront heureux.

C'est cependant dommage pour ceux qui carburent pour sensibiliser les

masses aux vertus écologistes. Certaines grandes associations environnementalistes ont en effet beaucoup perdu en popularité, nous apprend René Vézina dans l'article suivant.

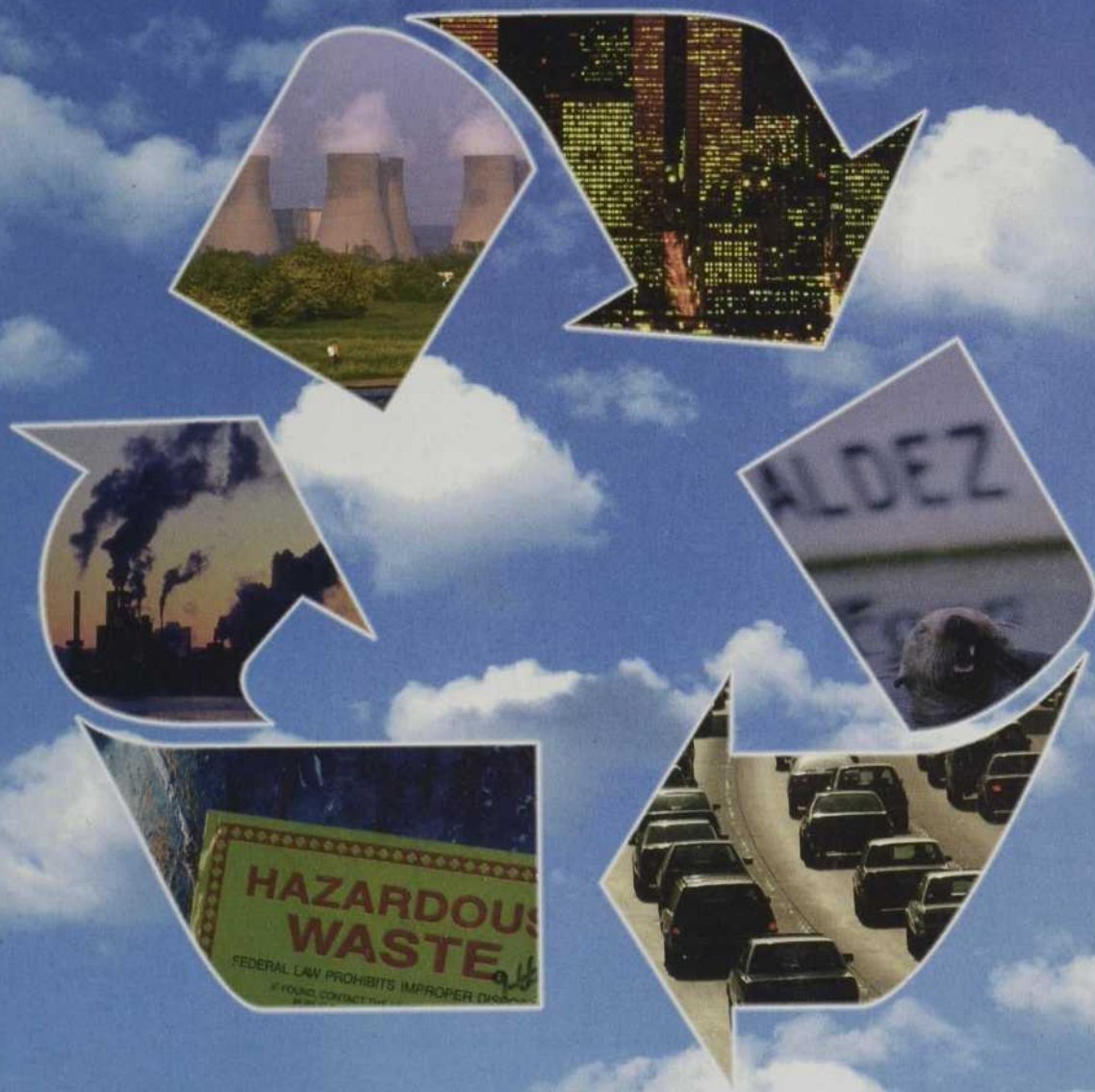
Domage aussi pour les chercheurs qui travaillent à mieux comprendre notre planète. Si les décideurs croient que le grand public se désintéresse de l'environnement, l'argent sera dirigé ailleurs.

N'empêche qu'avec la fin de la mode de l'environnement, ceux qui étudient ou interviennent directement sur le terrain travailleront probablement dans un contexte social moins émotif. Les attentes face à leurs projets seront peut-être plus réalistes.

Vous trouverez dans les pages qui suivent plusieurs textes parlant de ces personnes qui cherchent à comprendre et à préserver l'environnement : les scientifiques qui étudient les bélugas du Saint-Laurent, ceux qui ont développé une nouvelle variété de bananes cultivée sans pesticide, etc. La plupart des gens considéreront que ces projets, encore aujourd'hui, sont importants. C'est l'héritage du mouvement environnementaliste : même s'il ne s'agit plus de LA priorité, même si le militantisme a du plomb dans l'aile, l'environnement reste important pour beaucoup de gens. La mode est passée, la sensibilité reste. Et c'est tant mieux.

*Étienne Denis*





DÉBAT

# La métamorphose des groupes écologistes

Le mouvement environnementaliste est en métamorphose.  
Les grandes causes ne suscitent plus l'adhésion des masses.  
Mais les « petites » causes, oui !

par René Vézina

**L**es Amis de la Terre — Friends of the Earth — forment un groupe environnemental d'envergure internationale qui a longtemps fait parler de lui au Québec. Mais si vous cherchez aujourd'hui ses coordonnées dans l'annuaire téléphonique de Montréal, vous frapperez un os : faute de ressources, les responsables ont dû se résoudre à fermer la permanence de la rue Saint-François-Xavier. Quelques coins de rues plus à l'ouest, leurs collègues de Greenpeace tiennent encore le fort, mais doivent vivre plus frugalement qu'aux temps des vaches grasses et du membership abondant. L'activisme environnemental à la québécoise agonise-t-il ?

Nullement, répond l'écho. Il se « recentre », pour reprendre une expression à la mode. « *L'agir localement* a pris le dessus sur le *penser globalement* », dit Christian Simard, directeur général de l'Union québécoise pour la conservation de la Nature, en paraphrasant le désormais fameux appel de la Commission Bruntland sur le développement durable. Il a lui-même de quoi être rassuré : d'une vingtaine qu'ils étaient il y a dix ans, les organismes membres de l'UQCN, une formation parapluie, dépassent maintenant la centaine. Ces groupes existent depuis longtemps; aujourd'hui, ils s'organisent. La Société d'aménagement récréatif pour la sauvegarde du lac Saint-Pierre voisine le Centre d'interprétation de la batture de Kamouraska et la Fiducie foncière du mont Pinnacle... autant de secteurs « chauds » qui continuent à mobiliser les

Après avoir sauvé les bébés phoques dans le Nord, voici comment nous pouvons sauver un tapis à Brossard.

Dans l'esprit de plusieurs, Greenpeace a fait sa trace en canadiant et en mettant fin au massacre des bébés phoques. Il existe cependant d'autres menaces qui menacent, elles aussi, d'être traitées écologiquement. Les autres accidents domestiques par exemple. Dans cette partie de la rue de la rue et une part de la rue, il y a une autre menace, celle des tapis. Ils sont à l'origine de nombreux accidents domestiques. Il y a le tapis à Brossard, dans le quartier de la rue Saint-Laurent. Il y a le tapis à Brossard, dans le quartier de la rue Saint-Laurent. Il y a le tapis à Brossard, dans le quartier de la rue Saint-Laurent. Il y a le tapis à Brossard, dans le quartier de la rue Saint-Laurent.

**GREENPEACE**  
LETTRE D'ÉCART

Montréal 877 185  
ou composer le  
1 800 363.TERRE.

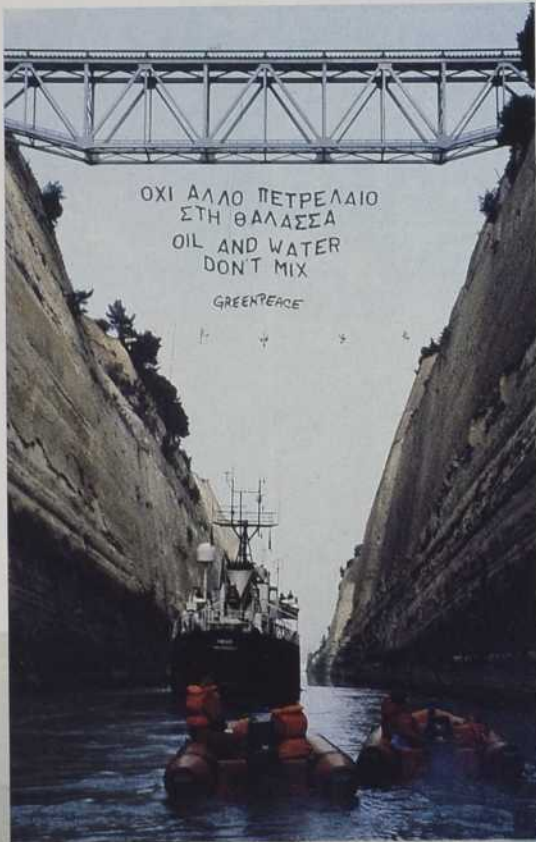
énergies environnantes. « On dirait bien que l'engagement le plus riche, le plus prometteur, s'est transposé au niveau local, parce que les problèmes immédiats obligent la mise en place de solutions immédiates et novatrices », souligne-t-il. Il aurait pu ajouter : « Et les résultats sont tangibles. » Nous sommes donc passés des Amis de la Terre aux Amis du lac Saint-Pierre.

À l'heure du village global, sommes-nous devenus individualistes à ce point ? Chose certaine, le bel enthousiasme des années 80 s'est refroidi. La crise économique a fait perdre à l'environnement le rang qu'il occupait dans l'ordre des priorités exprimées lors des sondages d'opinion. Le ton s'est durci entre économie et écologie. Ce qui compte, c'est la lutte au déficit et surtout la création d'emplois. Soucieuses malgré tout de revamper leur image, les grandes corporations ont en même temps entrepris une opération de charme pour faire valoir leur vertu écologique. Si même Alcan veille sur nous, pourquoi croire les prophètes de malheur ?

Par ailleurs, on a beaucoup demandé aux citoyens, qui attendent encore d'en avoir pour leur argent et leur énergie. Des municipalités ont commencé à se retirer des programmes de recyclage domestique mis en place à grand renfort de slogans volontaristes. Frais élevés, absence chronique de marchés secondaires pour les matières récupérées... à Plessisville, dans les Bois-Francs, on a abdicé faute d'encouragement. « Nous avons l'impression qu'on

Des actions de Greenpeace. Contre les rejets d'organochlorés dans le Saint-Maurice, en 1988. Contre les rejets d'huile dans la mer, près des côtes grecques en 1991. Contre la prolifération des centrales nucléaires en Suisse, en 1990. Contre le transport de combustible nucléaire, en Grande-Bretagne, en 1992. À gauche, une action de 1994 : une publicité de Greenpeace parue dans des médias québécois.





Québec Distribution Services In Europe

NORD PAS\_DE\_CALAIS  
DUNKERQUE



Greenpeace / L'Heureux, Sarrs, Staub, Hodison



# ECODECISION

ENVIRONMENT AND POLICY MAGAZINE / REVUE ENVIRONNEMENT ET POLITIQUES

11

January / Janvier 1994

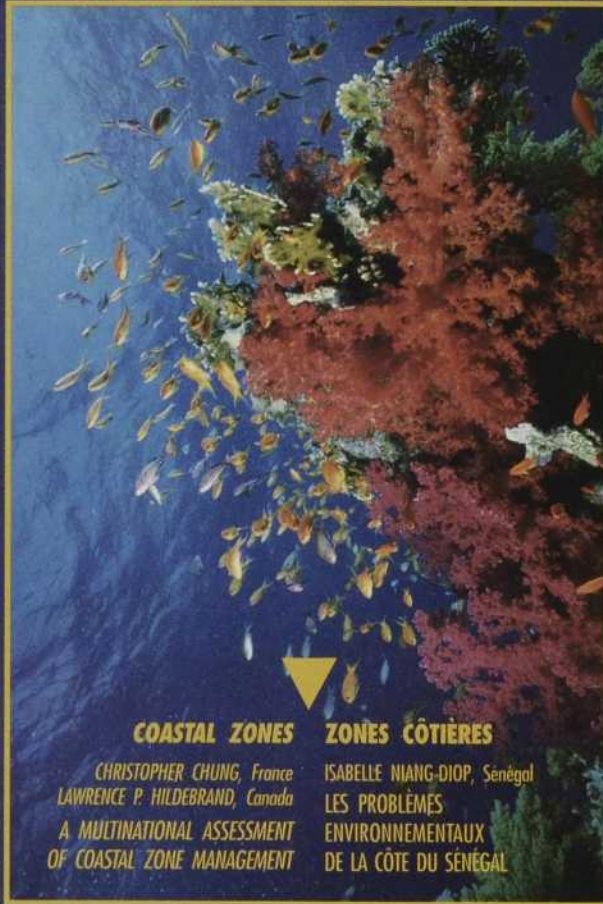
Dr. BISHNODAT PERSAUD,  
Caribbean  
**MOBILIZING  
FOR SUCCESS**

FRANÇOIS DOUMENGE, Monaco  
**LES ÎLES  
OCÉANIQUES**

JAMES HIGGINS, Canada  
**GLOBAL  
ENVIRONMENTAL  
INDUSTRY**

CYRILLE D'ALMEIDA, Bénin  
**LA GESTION  
DES EAUX USÉES  
À ABIDJAN**

STEPHEN P. LEATHERMAN, U.S.A.  
**RISING SEA LEVEL  
AND SMALL ISLAND  
STATES**



COASTAL ZONES

ZONES CÔTIÈRES

CHRISTOPHER CHUNG, France  
LAWRENCE P. HILDEBRAND, Canada  
**A MULTINATIONAL ASSESSMENT  
OF COASTAL ZONE MANAGEMENT**

ISABELLE NIANG-DIOP, Sénégal  
**LES PROBLÈMES  
ENVIRONNEMENTAUX  
DE LA CÔTE DU SÉNÉGAL**

- Une revue vous donnant un point de vue indépendant et complet sur les grandes questions environnementales de l'heure.
- Une revue trimestrielle, bilingue, publiée depuis 3 ans et diffusée dans plus de 100 pays à travers la Francophonie, le Commonwealth, les États-Unis et l'Europe.
- Une information pratique et concrète à partir d'étude de cas, d'exemples et de chroniques uniques.
- Une revue conçue pour vous aider à faire les bons choix et mieux gérer la transition vers le développement viable.
- Une revue écrite par des experts dans leur domaine.

**Abonnez-vous dès aujourd'hui pour 1 an (4 numéros)**

ECODECISION

**OUI!** Abonnez-moi à ECODECISION dès aujourd'hui. (1 an, 4 numéros)

Service des abonnements  
276, rue Saint-Jacques Ouest,  
bureau 924  
Montréal (Québec) H2Y 1N3  
CANADA  
Tél.: (514) 284-3043  
Télé.: (514) 284-3045

	Individuel	Société	Étudiant**
Canada	<input type="checkbox"/> C\$53,50*	<input type="checkbox"/> C\$125*	<input type="checkbox"/> C\$28*
Pays de l'OCDE	<input type="checkbox"/> US\$50	<input type="checkbox"/> US\$125	<input type="checkbox"/> US\$28
Autres pays	<input type="checkbox"/> US\$35	<input type="checkbox"/> US\$70	<input type="checkbox"/> US\$20

\*TPS et TVQ incluses N°TPS R126931526 / N°TVQ 10-1042-8951-0001  
\*\*Avec preuve d'inscription

Mastercard  Visa  American Express  Facturez-moi  Paiement inclus

N°carte \_\_\_\_\_ Échéance \_\_\_\_\_

Signature \_\_\_\_\_

Nom \_\_\_\_\_

Société \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Ville \_\_\_\_\_ Tel.: \_\_\_\_\_

Province/Pays \_\_\_\_\_ Code postal \_\_\_\_\_

Libellez votre paiement à l'ordre de ECODECISION

QS-54

nous abandonne et que les gouvernements ne font pas leur part, dit la mairesse Madeleine Dussault. Comment inciter les gens à participer si ces efforts s'avèrent à la fois coûteux et stériles ? »

Il suffit de penser à l'*extravaganza* du Sommet de la Terre de 1992, à Rio de Janeiro. Les discours et les compromis diplomatiques ont pris la plus grande place. Les cyniques diront : « Nous vous l'avions bien dit. » Et chaque soir, aux nouvelles, les citoyens sont comme avant bombardés d'informations désespérantes et démobilisantes, même pour les plus convaincus. Éveiller la vigilance populaire aux dangers de l'énergie nucléaire mal gérée, c'est beau, mais que faire face au dilemme des pays de l'Est qui recourent encore, faute de mieux, à ces bombes à retardement que sont leurs vieilles centrales modèle Tchernobyl ? Que dire aux paysans brésiliens toujours acculés à la famine qui continuent à brûler la forêt amazonienne pour gagner quelques années d'une maigre culture de subsistance ? « Sans compter qu'il sera difficile de convaincre les sceptiques des menaces de l'effet de serre avec l'hiver que nous venons de subir », ajoute sans rire Christian Simard.

Chose certaine, les mouvements écologistes québécois traversent une crise de croissance aggravée par une diminution des appuis traditionnels. Le désengagement gouvernemental, pour un, fait mal. Par exemple, le ministère québécois de l'Environnement subventionnait autrefois les Conseils régionaux de l'Environnement. Les groupes populaires y trouvaient information et soutien; en contrepartie, ces conseils, mieux organisés, permettaient souvent de porter des débats locaux sur la scène nationale. Certains sont toujours actifs, avec les moyens du bord, comme celui du Saguenay-Lac-Saint-Jean, l'aîné du groupe. Mais l'hémorragie se poursuit. L'an dernier, le Conseil régional du Bas-Saint-Laurent devait à son tour cesser ses activités. La perte n'est pas mince : lorsqu'un promoteur a fait connaître son intention de construire une micro-centrale hydro-électrique sur la rivière Rimouski, c'est l'Association locale des pêcheurs de saumons qui a demandé qu'on évalue soigneusement les impacts de l'aménagement tel

que projeté. Sinon, ni vu ni connu.

Dans ce cas-ci, les pêcheurs n'ont pas provoqué de tempêtes et se sont contentés de demander des explications. Il n'en est pas toujours ainsi. Des groupes environnementalistes se sont fait remarquer par leur goût du sensationnalisme et leur campagne à l'emporte-pièce. La stratégie est souvent employée par ces multinationales de l'environnement. L'International Fund for Animal Welfare, basé dans le East Sussex, en Angleterre, s'est par exemple fait connaître par son opposition farouche à la chasse aux phoques et l'agressivité de ses placards publicitaires publiés dans les

Greenpeace USA, mais elle a fait bien du tort à Greenpeace Québec... qui n'en avait pas été avisé. Du coup, ses porte-parole québécois se sont retrouvés sur la défensive et ont été forcés d'assumer ici les contre-coups d'un acte d'impérialisme culturel.

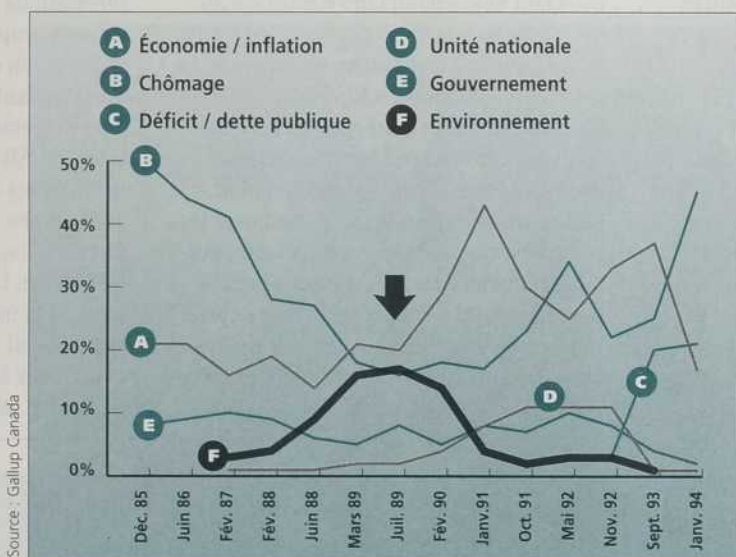
« Oui, notre membership a diminué sensiblement », reconnaît François Tanguay, responsable du dossier de l'énergie à Greenpeace Québec et vieux routier des causes environnementalistes. De fait, le nombre de membres a baissé de plus de la moitié, passant de 60 000 à 25 000. « Mais la responsabilité incombe aussi à la récession qui a obligé plusieurs de nos partisans

à se serrer la ceinture. Nous n'échappons pas aux nécessités économiques, surtout quand nous devons nous-mêmes financer toutes nos activités. »

Cela dit, le local de Greenpeace demeure actif, le téléphone sonne régulièrement et les demandes d'interviews des journalistes demeurent nombreuses. « Vous savez quoi ? Le membership recommence à monter, il se situe aujourd'hui autour de 30 000, dit François Tanguay. Nous demeurons une référence, les groupes locaux sont de plus en plus nombreux à nous ap-

peler pour profiter de nos connaissances et de notre réseau. Bravo pour l'action locale, mais sans trop de moyens, il arrive souvent qu'on se cogne le nez contre un mur. » Par ailleurs, il reconnaît sans hésitation l'impérieuse nécessité de mieux calibrer les interventions de son groupe et révèle du même souffle un important changement : Greenpeace Québec devrait être prochainement reconnu par la maison mère comme une véritable organisation nationale, non plus comme une succursale de Greenpeace Canada, pour pouvoir ainsi ajuster plus efficacement ses stratégies à la réalité québécoise. « Nous réalisons à notre façon la souveraineté-association ! »

L'UQCN ne roule pas sur l'or non plus, mais elle demeure forte de ses dizaines d'antennes régionales qui l'enracinent dans le milieu. Son orientation, jugée plus pragmatique qu'idéologique, lui a aussi valu de consolider sa position comme interlocuteur « acceptable », encore que... « Nous nous sommes fait traiter d'écoterroristes par des groupes patronaux pour nous être opposés au choix de Varennes



« Quel est le plus important problème auquel le Canada doit faire face ? » En 1989, les gens répondaient à peu près aussi souvent l'environnement que l'économie, l'inflation ou le chômage. En 1994, très rares sont ceux qui répondent l'environnement.

grands quotidiens à travers le monde. Idem pour le Sierra Club et pour Greenpeace. La tactique peut être rentable, dans tous les sens du terme, quand une cause est suffisamment choquante pour alarmer l'opinion publique. Mais elle peut aussi se retourner contre les messagers.

Parlez-en à Greenpeace Québec. Il y a quelques années, la branche américaine du mouvement a décidé de s'engager fermement dans la bataille contre Grande-Baleine et de sortir les gros canons pour appuyer les Cris. En a résulté cette fameuse annonce d'une pleine page, volontairement provocante, où on disait qu'Hydro-Québec était en train d'inonder un territoire « grand comme la France ». La charge, exagérée au point d'être mensongère, a peut-être servi à renforcer les appuis de

comme emplacement de Soligaz, rappelle Christian Simard. Vous préférez les esturgeons jaunes aux ventres affamés de l'est de Montréal », leur a-t-on lancé. Comment s'étonner que la population se lasse de ces combats de coqs où on ne recycle même pas les insultes ?

« La théâtralisation des problèmes environnementaux par les écologistes fait du tort et nous a exposés à la démagogie de ce genre de riposte, reconnaît-il. Mais il faut savoir que l'autre camp utilise les mêmes arguments », poursuit François Tanguay. Une tactique venue des États-Unis veut maintenant que les grandes corporations prises d'assaut, comme MacMillan Bloedel en Colombie-Britannique, fasse naître dans la population des contre-mouvements qui organisent à leur tour des manifestations, cette fois en leur faveur. D'une certaine façon, c'est ce qui s'est passé sur la Côte-Nord, l'an dernier, quand des milliers de gens ont défilé dans les rues de Sept-Îles, sous l'impulsion des syndicats et des milieux d'affaires, pour demander au gouvernement québécois de passer outre aux recommandations du BAPE et d'autoriser la construction du projet hydroélectrique sur la rivière

**« Les problèmes ne se régleront pas tout seuls. La population planétaire a doublé en 30 ans, la pression sur les ressources n'a jamais été aussi forte. »**

Sainte-Marguerite. Signe des temps ?

Pour François Tanguay, il convient de repenser l'approche des groupes environnementaux. « Au début, nous sommes nés d'un cri du cœur, émotif. Mais à militer pour militer, on devient pisse-vinaigre. Il nous faut aujourd'hui faire davantage appel à la raison dans les débats. C'est difficile. Au Québec, c'est une maladie que cette peur du débat public. » Christian Simard est plus critique. « Sauf exceptions, ça ne sert plus à rien de monter dans les cheminées. Les foires d'empoigne ne mènent nulle part, on ne croit plus personne et les gens débarquent. Mais les problèmes, eux, ne se régleront pas tout seuls. La population planétaire a doublé en 30 ans, la pression sur les ressources n'a jamais été aussi forte, ce n'est sûrement pas le temps de venir au laisser-aller. »

Après avoir oscillé vers la gauche, vers l'action tous azimuts, le pendule de l'engagement environnemental file maintenant à toute vitesse vers la droite. Les écologistes en sont conscients, et ils cherchent fébrilement un moyen de revenir à un point d'équilibre. De là l'idée qui chemine parmi les ténors de l'action environnementale québécoise d'un écosommet qui rassemblerait les principaux groupes québécois, en 1995, pour ressouder les forces et tenir un discours plus approprié à la fin des années 90.

En attendant, les journaux écrits et télévisés continueront à faire état des manifestations à Clayoquot Sound, des querelles à propos de la Baie-James et de la dévastation environnementale en Amazonie. Pendant ce temps, la Corporation de l'aménagement de la rivière l'Assomption, la CARA, va continuer, elle, à rassembler les énergies locales qui corrigent, année après année, un des pires cas de pollution au Québec. Sans tambour ni trompette. Le tout est de savoir, maintenant, si le microscope a remplacé le télescope, ou si l'utilisation de l'un peut contribuer à renforcer la popularité de l'autre. ●

*Saint-Bruno-de-Montarville*  
*La ville grandeur nature*



Ville de  
**SAINT-BRUNO**  
de Montarville



## DÉVELOPPEMENT INTERNATIONAL

# La banane écologique

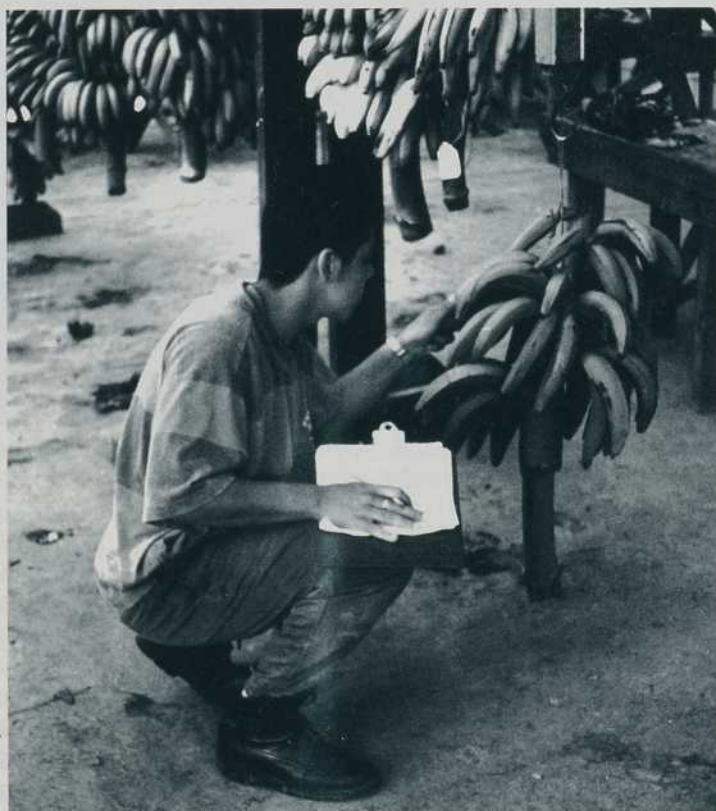
Des centaines de personnes intoxiquées.  
Des dizaines de kilogrammes de pesticides par hectare.  
La culture de la banane est actuellement une plaie.  
La solution : une nouvelle variété de bananes, la *Goldfinger*.

par Raymond Lemieux

**D**odue, bien jaune, une nouvelle banane, la *Goldfinger*, pourrait remplacer la banane de type *Cavendish* bien connue des consommateurs nord-américains. La *Goldfinger* est le fruit — c'est le cas de le dire — de 24 ans de recherches menées par Philip Rowe et Franklin Rosales, de la Fundacion Hondurena de Investigacion Agricola (FHIA). Leurs travaux ont été soutenus en bonne partie par le Centre de recherches pour le développement international (CRDI), un organisme fédéral situé à Ottawa. Les atouts de la *Goldfinger* : elle se cultive sans pesticide et résiste aux parasites qui déciment les plantations de Dole, Chiquita et United Brands. Un produit écologiquement correct, quoi.

Percée scientifique ? À vrai dire, c'est une technique de croisement utilisée depuis des années sur les végétaux qui a conduit à la conception de la *Goldfinger*. N'empêche que la mise au point d'une banane demeure un exploit. En effet, ce fruit n'a pas de pépins. Ou si peu : un régime de bananes donne une ou deux graines. Or, c'est avec les graines que les généticiens font des croisements.

Les chercheurs honduriens ont dû écraser, chaque année, quelque 20 000 régimes de bananes pour obtenir suffisamment de graines. Et ils ont procédé à plus de 1 000 croisements d'hybrides avant d'obtenir la *Goldfinger*, résultat d'un heureux mariage entre une variété de bananes sud-asiatique et une variété brésilienne.



Diane Hardy / CRDI

La banane *Goldfinger*, cultivée sans pesticide, goûte un peu la pomme.

Puis, il a fallu une douzaine d'années d'essais au Burundi, au Cameroun, en Colombie, au Costa Rica, au Honduras et au Nigeria pour maîtriser la culture de la *Goldfinger*. Le CRDI a alloué 1,3 million de dollars pour ces recherches. Notons que la banane constitue un aliment de base dans plusieurs pays du Sud : seulement le dixième de la production totale est exporté. Le Canada importe près de 380 000 tonnes de bananes.

Combien d'années la *Goldfinger* résistera-t-elle aux parasites ? Nul ne le sait. Tou-

jours est-il que cette banane constitue, pour l'heure, une solution au problème de l'arrosage massif de pesticides dans les bananeraies. « Les compagnies bananières sont droguées par des pesticides », accuse Daniel Green, coprésident de la Société pour vaincre la pollution (SVP), invité à dévoiler le nouveau fruit au Biodôme de Montréal en février dernier. « Près de 44 kg de produits chimiques sont répandus sur chaque hectare des bananeraies. Cent fois plus que dans les autres types de plantations. Seulement dans les bananeraies du Costa Rica, près de 500 décès ont été directement attribués, entre 1980 et 1986, à des intoxications par pesticides. »

Les pesticides sont surtout utilisés pour contrer la maladie de Sigatoka et la

maladie de Panama dite de « souche 4 », les deux principaux fléaux des bananeraies. Si pour lutter contre les parasites responsables de ces maladies, les multinationales ont déployé une force de frappe chimique sans égale, les parasites — et c'est là le comble — sont en train de développer une résistance à cette chimie, comme le fait remarquer Philippe Rowe de la FHIA.

L'organisme hondurien espère commercialiser des semis de la *Goldfinger* l'an prochain. Une bizarrerie pourrait toutefois surprendre les premiers consommateurs : cette nouvelle banane goûte légèrement la pomme. Charmant, mais qui saura alors ce que goûtait originellement la banane ? ●

## AMÉNAGEMENT URBAIN

## Lacs rénovés

Voici comment une petite association environnementale a restauré les parcs et les lacs de sa ville.

par Benoît Prieur

Il y a quelques années, plusieurs lacs et ruisseaux de la ville de Saint-Bruno, sur la rive sud de Montréal, ne payaient pas de mine, à la fois sur le plan esthétique et sur le plan écologique.

Un organisme local de protection de l'environnement, Nature-Action, a mobilisé des bénévoles, engagé des étudiants et des personnes-ressources, obtenu la participation des riverains, déniché des subventions de plusieurs paliers de gouvernements et, en moindre partie, de l'entreprise privée pour améliorer la situation. Il fallait agir, et vite, pour conserver ces joyaux aquatiques.

C'est dans les années 80 que le problème est apparu dans toute son ampleur. La dégradation était causée par l'érosion des berges et par la pollution due aux engrais chimiques, particulièrement autour des deux lacs situés dans la ville. Édith Smeesters, présidente de Nature-Action, a sonné l'alarme et, en 1989, l'organisme s'engageait à fond dans le projet. La présidente, le directeur, Benoît Limoges, bio-écologiste, et leurs partenaires privilégiés, la municipalité en particulier, ont alors établi trois objectifs bien précis : corriger les facteurs de dégradation, attirer la faune et permettre à l'homme de retrouver sa place dans son environnement.

« Notre projet est ambitieux, explique Benoît Limoges. Nous voulons non seulement renaturaliser les rives des sites urbanisés, mais aussi offrir aux autres municipalités du Québec l'exemple d'un projet expérimental de réintégration de la faune en ville. »

Avant de prendre connaissance des détails de ce vaste projet, une courte description des lieux s'impose. Dans l'état actuel des choses, la Ville de Saint-Bruno est pro-



Derrière la restauration des parcs de Saint-Bruno : le groupe Nature-Action.

priété de trois lacs et des ruisseaux situés dans le Parc de conservation du mont Saint-Bruno, ainsi que des berges sur une largeur de 30 mètres. Cette bande n'a en effet pas été expropriée quand le parc a été créé, dans les années 70. La Ville est aussi propriétaire de deux autres lacs, situés dans des parcs municipaux.

Les berges, à l'état plus ou moins naturel — certaines ayant été « aménagées » par les riverains —, étaient passablement dénudées. Le piétinement des promeneurs avait aussi causé des dégâts importants autour de cinq lacs, situés dans la montagne. Mais c'est l'érosion des berges qui a entraîné des alluvions dans le lac du Village, le transformant en partie en véritable marais.

Les lacs de la zone urbanisée avaient aussi subi les effets dévastateurs des engrais à pelouse. Ces engrais, dissous par la pluie, ruisselaient dans l'éégout pluvial qui les déversait dans les lacs. Et, à cause des éléments nutritifs contenus dans les engrais, les algues se sont développées sans contrôle, suivies par les plantes aquatiques.

« La correction des facteurs de dégradation a commencé par la sensibilisation des

riverains au problème, dit Benoît Limoges (qui, depuis peu, ne travaille plus pour Nature-Action). Nous leur avons montré un vidéo réalisé par Nature-Action, expliquant l'importance de la végétation riveraine et stimulant la conscience environnementale. La réponse ne s'est pas fait attendre : ils sont vite devenus partenaires du projet. Parallèlement, nous avons mis sur pied des programmes d'incitation au compostage et à l'utilisation d'engrais organiques. »

Nature-Action et ses partenaires se sont ensuite attaqués à la régénération des berges. Première étape : arrêter la tonte et le piétinement des rives. On en a limité l'accès à des endroits bien précis en indiquant les zones interdites à l'aide de cordes tendues entre des piquets et de panneaux avertissant les promeneurs des opérations en cours.

La deuxième étape apportait des solutions à plusieurs problèmes. D'abord, pour éviter la sédimentation excessive dans le lac du Village, on a pris des mesures pour combattre une partie de l'érosion en déviant certains égouts pluviaux dans la canalisation de la Coulée.

On a aussi planté des arbres et des arbustes indigènes de rivage et « enroché » les berges vraiment érodées afin de donner une chance à la végétation naturelle de se réinstaller autour des lacs. À la base des pentes moins escarpées, en terrain humide, cet exercice de renaturalisation a aussi favorisé l'esthétisme et la bio-diversité. Nature-Action y a réintroduit des plantes de milieux humides : asclépiades incarnates, iris versicolores, lobélies cardinales, pontédéries, joncs, etc. Même exercice dans le lac du Ruisseau, où un assortiment



de nénuphars attire le regard tout en participant à l'équilibre de l'écosystème.

Laisser la nature reprendre ses droits ne signifie pas qu'elle doive abuser de la situation. « Nous avons exercé une certaine sélection, précise Benoît Limoges, en contrôlant les envahisseurs et en disciplinant les espèces qui ne poussaient pas à leur place. » Un soin particulier a été apporté pour éradiquer la salicaire sur tout le bassin-versant du mont Saint-Bruno, cette dernière étant, comme on sait, considérée à bien des égards comme une véritable peste (voir *Québec Science*, juillet-août 1993).

« Dans le même souffle, raconte Benoît Limoges, nous avons essayé de renaturaliser une érablière à caryers et une prucheraie dont la dégradation était avancée. » La renaturalisation s'est faite par étapes : faire l'inventaire des espèces existantes, étendre du bois raméal pour restructurer le sol et empêcher la concurrence des plantes héliophiles, réintroduire les arbustes (cornouiller, dircée des marais), les plantes de sous-bois (trille, sanguinaire, gingembre sauvage, petit prêcheur) et les arbres (tilleul, charme, caryer).

Pour atteindre son deuxième objectif, soit attirer la faune en ville, Nature-Action a fait appel à Stefan Sobkowiak, un concepteur d'habitats fauniques de Verdun. Pour l'instant, la faune visée par le programme est la gent ailée : oiseaux et papillons. Pour les attirer, on doit d'abord s'assurer qu'ils trouvent la nourriture nécessaire à leur survie. On a donc planté différentes espèces végétales indigènes : arbustes à fruits (viorne, sureau et compagnie) pour les oiseaux frugivores; plantes vivaces à graines (rudbeckie, tournesol, panic) pour les oiseaux granivores; vivaces colorées (monarde, verveine, ancolie) pour les colibris; autres vivaces pour les papillons (asclépiades pour nourrir les larves, asters à nectar pour les adultes). Le secteur du lac du Village, plus urbanisé, plus exposé à la vue et plus couru des visiteurs, a reçu des espèces et des variétés horticoles dès l'automne 1993. « Un spectacle grandiose », dit Benoît Limoges.

Pour le confort de tout ce beau monde, on a également construit des appartements privés : une centaine de nichoirs pour les oiseaux, y compris les chouettes;



Marie-Jeanne Isnard

des hivernoirs à papillons; des dortoirs à chauves-souris. Les bourdons eux-mêmes, ces rois de la pollinisation, ont obtenu des logements sur mesure.

Autre préoccupation de l'aménagiste : donner de l'espace à

ses protégés. « Le lac du Ruisseau et le lac du Village sont séparés du Parc de conservation par une zone urbanisée, décrit Benoît Limoges. Tout en travaillant à la régénération des rives, nous avons essayé de créer un habitat faunique tout le long du ruisseau. »

Les arbustes choisis, tous indigènes parce qu'ils sont bien adaptés au climat et à la faune, visaient simultanément à soutenir les berges et à nourrir les oiseaux. Viornes, sureaux rouges, sureaux blancs, chèvre-feuilles règnent en maîtres sur les lieux. On en a même plantés sur certaines parties des propriétés privées de façon à créer un véritable sanctuaire. Un soin particulier

nager les accès sans qu'il y ait risque d'érosion des berges. Par exemple, les sentiers ne mènent pas directement aux lacs; ils sont tracés en travers des pentes. Là où c'était nécessaire, on a construit des escaliers. Ailleurs, ce sont des passerelles de bois ou des belvédères posés sur des patios de pierre, agrémentés de rampes de protection, de bancs, de poubelles et de lampadaires. On a même réaménagé le sentier piétonnier et la piste cyclable des parcs du Ruisseau et du Village pour une plus grande sécurité.

Mais l'homme ne doit pas que passer dans cet environnement. Pour Nature-Action, il était primordial de le rapprocher de la nature, dont il est partie intégrante.

« Une quinzaine de panneaux d'interprétation sont prévus », signale Benoît Limoges.

L'information sur ces panneaux est avant tout d'ordre écologique, mais elle permet aussi d'identifier certaines espèces végétales. « Dans Nature-Action, il y a le mot action, insiste Benoît Limoges. Nous nous servons donc de ces panneaux pour inciter les lecteurs à agir concrètement



Edith Smeesters

**On espère que la faune recolonisera les écosystèmes.**

a été apporté à la petite île qui trône au milieu du lac du Ruisseau, où l'on espère que le héron vert, déjà aperçu dans le secteur, viendra nicher en toute liberté.

On prévoit aussi installer des nichoirs à canards et favoriser par tous les moyens la venue et la survie d'animaux sauvages comme les tortues et les couleuvres.

Et l'être humain ? L'accès aux lacs s'est fait un peu à l'improviste depuis que les visiteurs viennent s'y promener. Redonner sa place à l'homme consistait donc à réamé-

pour l'environnement. » Pour que les messages soient mieux retenus, ils seront accompagnés de dessins réalisés par Anouk Pérusse-Bell.

Informé est essentiel en matière d'environnement, mais pour l'organisme de Saint-Bruno, éduquer est une préoccupation de tous les instants. Il fallait trouver un moyen de capter l'attention des jeunes. On a donc innové. Au bas de certains panneaux d'interprétation, soit à la hauteur des yeux des plus petits, une bande dessinée sans paroles traduira en images, tout en le résumant, l'essentiel du message. Mission accomplie. ●

## TECHNOLOGIE

# Des piles à photosynthèse

Des piles solaires « vertes » sont en développement à l'Université du Québec à Trois-Rivières. La matière de base : de la chlorophylle !

par Michel Groulx

**D**evinette : qu'est-ce qui, parmi les éléments suivants, constitue la plus abondante de toutes les sources d'énergie terrestres ? Un moteur à essence, la centrale LG2 ou les pissenlits qui infestent votre jardin ? Réponse : les pissenlits ! L'énergie accumulée par les plantes équivaut à dix fois la demande énergétique mondiale ! Tout ça, grâce à la photosynthèse, qui permet aux plantes vertes de capter l'impalpable lumière solaire et de l'emprisonner sous forme de glucose. Cette source d'énergie chimique assure leur croissance et leur multiplication.

Et si on parvenait à détourner cette invention géniale de la nature ? C'est l'objectif que se sont fixé les chercheurs Roger Leblanc, Surat Hotchandani et leur étudiant

Nasr, de l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR). En insérant une couche de chlorophylle entre deux électrodes métalliques, ils ont réalisé une « photopile », dispositif capable de capter la lumière solaire et de la convertir en

électricité. Ces piles n'ont pas encore dépassé le stade expérimental, mais il n'est pas exclu qu'elles alimentent, un jour, des villages isolés du Grand Nord ou du Tiers-Monde, l'antenne de télécommunications du coin ou votre voiture solaire...

Pourquoi l'équipe de l'UQTR s'inspire-t-elle de ce processus très complexe qu'est la photosynthèse ? Parce que la nature sait mieux faire... pour moins cher. D'abord, les plantes croissent plus vite que les cristaux de silicium des piles solaires actuelles ! Et

surtout, dans les feuilles du plus modeste végétal, fut-il un vulgaire et indésirable pissenlit, le rendement de la photosynthèse atteint 16 %, soit 2 % de plus que les meilleures piles solaires. Un pied-de-nez à la technologie humaine ! « Si on pouvait concevoir des capteurs imitant le principe et l'efficacité de la photosynthèse à partir de substances peu coûteuses comme la chlorophylle, ces dispositifs pourraient remplacer les piles conventionnelles », croit Surat Hotchandani.

L'idée est loin d'être irréalisable, car les photopiles au silicium fonctionnent un peu comme le font les plantes. En effet, dans une photopile, comme dans une feuille, la lumière crée ce que les physiciens nomment élégamment des

« paires d'électrons-trous » (rassurez-vous : le terme « trou » est tout ce qu'il y a de plus savant !).

Voici comment ça se passe. En quittant la couche supérieure de la pile au silicium, les électrons y ont laissé des « trous », c'est-à-dire des ato-

mes auxquels il manque un électron. À leur tour, les trous de la couche supérieure seront comblés par des électrons venus de la couche inférieure, lesquels laissent aussi des trous derrière eux... Le résultat de ce jeu de « saute-mouton électronique », c'est que la couche inférieure est désormais semée de trous prêts à accueillir les électrons qui ont voyagé dans le circuit externe. Le courant peut passer.

En d'autres termes, la photopile au silicium fonctionne (comme toute autre pile,

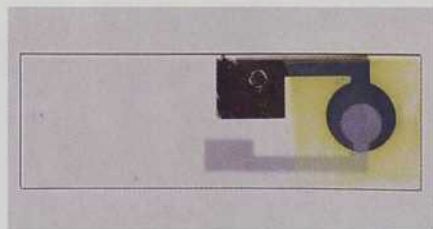
d'ailleurs) en créant une séparation de charges électriques opposées. Normalement, les électrons (chargés négativement) ont tendance à combler les trous (chargés positivement). Mais, en raison de la nature des matériaux utilisés, ces « paires d'électrons-trous » se dissocient. Éjectés des trous, les électrons deviennent mobiles, permettant l'établissement d'un courant électrique.

Chez les feuilles, le silicium est remplacé par des pigments (ou substances colorées) comme la chlorophylle verte. Certaines molécules de chlorophylle agissent comme des antennes : lorsqu'elles captent les photons de la lumière visible, elles « s'excitent », c'est-à-dire qu'elles gagnent de l'énergie et se mettent à « vibrer ». Cette énergie électronique se transmet, de molécule en molécule, à un petit laboratoire cellulaire nommé « centre réactionnel ».

Ce petit laboratoire a pour fonction de créer une séparation de charges, c'est-à-dire des paires d'électrons-trous, exactement comme une pile solaire. Certaines molécules se retrouvent alors avec un électron supplémentaire et d'autres, avec un électron en moins. Les paires d'électrons-trous permettent d'amorcer toute une cascade de réactions, comme la production d'oxygène et de molécules riches en énergie, tel le glucose.

Cependant, les chercheurs de Trois-Rivières ont songé à interrompre le processus de la photosynthèse à cet endroit. Leur but : utiliser les paires d'électrons-trous pour créer, non pas du sucre, mais du courant électrique.

Leur dispositif, fort simple, est constitué d'une très mince couche de chlorophylle, prise en sandwich entre une électrode d'aluminium et une électrode d'argent. Le tout est déposé, grâce à des techniques



De la chlorophylle prise en sandwich entre une électrode d'aluminium et une électrode d'argent produit assez d'électricité pour alimenter une calculatrice.



sophistiquées, sur une lame de verre. Lorsque la lame est exposée à la lumière, les molécules de chlorophylle font ce qu'elles accomplissent toujours en de telles circonstances : elles s'excitent ! Des paires d'électrons-trous se forment. Au contact de l'électrode d'aluminium, ces paires se dissocient : les électrons se dirigent vers l'électrode d'aluminium et les « trous », vers l'électrode d'argent. Il se crée, là aussi, une séparation de charges, et donc un courant électrique.

Seulement... le courant électrique créé par ces biopiles ne ferait pas marcher, pour le moment, un satellite. Ni une antenne de télécommunications. Tout au plus, une calculatrice de poche ! C'est que le rendement obtenu n'est que de 0,2 %, un rendement beaucoup plus faible que celui d'une photopile au silicium.

Pourquoi n'obtient-on pas la même énergie que celle des plantes vivantes ? Simple-

ment parce que celles-ci sont infiniment plus complexes que la photopile de Trois-Rivières. Pour se simplifier la vie, l'équipe de l'UQTR a décidé, pour commencer, de consacrer ses efforts à une seule molécule : la chlorophylle a. En effet, c'est le principal pigment qui participe à l'absorption d'énergie lumineuse dans les plantes.

Or, chez les végétaux, bien d'autres substances aux noms barbares contribuent à la photosynthèse : il existe d'autres variétés de chlorophylle, sans compter les caroténoïdes, les phéophytines, les phospholipides membranaires... « Dans la chlorophylle isolée, les charges électriques, une fois créées, se recombineraient au lieu de se séparer, postule Surat Hotchandani. C'est ce qui expliquerait le rendement médiocre des biopiles (comme celui des photopiles au silicium, d'ailleurs). Par contre, dans la feuille, toutes sortes de molécules agiraient ensemble pour empêcher cette

recombinaison de charges, assurant un rendement élevé. »

Une solution consisterait à réaliser une photopile combinant deux ou plusieurs de ces molécules. Plusieurs combinaisons ont été essayées, mais les résultats ont été décevants. « Une avenue plus prometteuse, prévoit Surat Hotchandani, consisterait à déposer sur la pile, non pas des composés chimiques purifiés, mais les chloroplastes eux-mêmes, c'est-à-dire les petits ateliers cellulaires où se déroulent toutes les étapes de la photosynthèse. Mais cette voie n'a pas encore été explorée. »

Les biopiles ont un autre problème : pour maintenir leur efficacité, il faut les conserver au froid et à l'obscurité. Et même dans ces conditions, elles ne durent pas longtemps, l'électrode d'aluminium finissant par s'oxyder. Mauvais pour une éventuelle publicité !

Mais les biophysiciens de Trois-Rivières

ne se découragent pas pour autant. « Il ne faut pas oublier que la photosynthèse est le fruit de trois milliards d'années d'évolution. Notre équipe ne travaille pas là-dessus depuis si longtemps ! », lance le physio-chimiste.

Il y a tout de même de l'espoir. Deux chercheurs, l'un Américain et l'autre Suisse, annonçaient en 1991, dans la revue *Nature*, la mise au point d'un nouveau type de photopile conçu à partir d'un pigment organique artificiel. Son rendement atteignait 12 %, soit autant qu'une photopile conventionnelle au silicium, mais elle coûtait beaucoup moins cher. Une autre version de ce dispositif a même atteint l'efficacité record de 34 %, mais la conception de ces cellules s'est avérée fort complexe et leur coût, prohibitif.

La question des gros sous fera peut-être pencher la balance en faveur des photopiles vertes. Si l'on songe aux sources considérables de chlorophylle disponibles annuellement (comme les feuilles des arbres coupés par l'industrie forestière), les piles à chlorophylle ne coûteraient pas grand-chose à produire. « Il suffirait de hausser leur rendement à 6 ou 7 % pour les rendre

compétitives avec les piles au silicium, affirme Surat Hotchandani. Et en plus, elles seraient écologiques ! »

Cependant, pour développer des photopiles vertes efficaces, il faudra avant tout faire la lumière sur ce labyrinthe biochimique qu'est la photosynthèse. « On ne

sait même pas comment les plantes s'y prennent pour produire l'oxygène que nous respirons, s'étonne Roger Leblanc. Il y aura certainement un prix Nobel pour celui ou celle qui percera le mystère. » Ce serait bien qu'un Trifluvien ou une Trifluvienne décroche la médaille ! ●

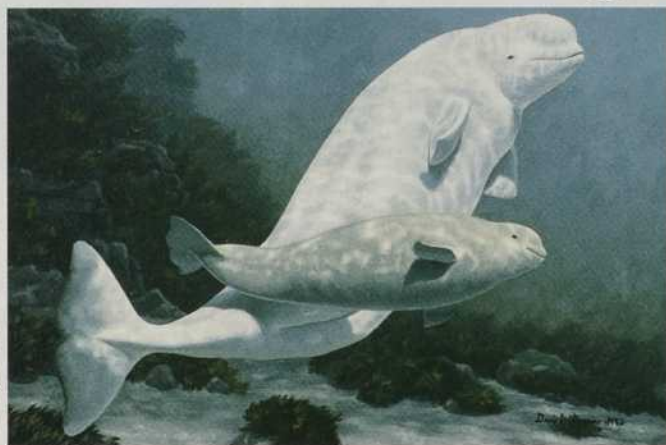
## LES AUTRES PHOTOPILES

Les photopiles existent déjà depuis plusieurs années. La plus connue est celle au silicium, mise au point en 1954 par les laboratoires Bell, aux États-Unis. Elle est constituée d'une fine plaque de silicium, dont la couche supérieure est « dopée », c'est-à-dire contaminée par un autre matériau. Les atomes de ce matériau ont la propriété d'éjecter un électron lorsqu'ils sont exposés à la lumière. Lorsque la pile est éclairée, des électrons mobiles se mettent à y circuler et passent dans un circuit externe, qui peut servir, par exemple, à allumer une lampe ou à alimenter un appareil électronique.

Les photopiles au silicium (aussi nommées piles photovoltaïques) ont de nombreuses qualités : elles ne consomment d'autre énergie que celle du Soleil, sont fiables et durables. Le problème, c'est leur rendement, c'est-à-dire leur efficacité à convertir la lumière solaire en électricité, est plutôt faible. « Il existe trois sortes de piles au silicium, explique Benoît Bergevin, président de TN Conseil, une firme spécialisée dans l'application de cette technologie. Les piles au silicium amorphe, qui sont les moins chères (celles, par exemple, des calculatrices), ne convertissent en électricité que de 3 à 5 % de la lumière qu'elles reçoivent. Le rendement peut atteindre 10 % chez des piles au silicium polycristallin, et grimper à 14 % chez les plus sophistiquées, dites au silicium monocristallin. » Mais ces deux types de capteurs sont limités à des applications de pointe : pour les obtenir, il faut faire croître des cristaux de silicium dans des conditions rigoureusement contrôlées, ce qui prend beaucoup de temps... et coûte très cher.

## Aidons les bélugas du Saint-Laurent!

«Bélugas» de Daniel Grenier



En vous procurant le timbre de conservation ou la reproduction à tirage limité de la Fondation de la faune du Québec, tirés d'une oeuvre originale de Daniel Grenier, vous contribuerez aux programmes de recherche sur les bélugas et leur habitat. La FFQ remettra quatre fois le montant de votre mise au GREMM, pour chaque article acquis aux endroits suivants :

- Biodome de Montréal • CIMM à Tadoussac
- Naturalium de Québec
- Par commande postale (avec le coupon ci-dessous)

**L'enjeu est important.  
Nous devons sauver les bélugas !**

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

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

Rue \_\_\_\_\_ Ville \_\_\_\_\_

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

Tel. résidence \_\_\_\_\_ Tel. bureau \_\_\_\_\_

<input type="checkbox"/>	Timbre	X	7,49 \$	_____ \$
<input type="checkbox"/>	Timbre signé	X	12,84 \$	_____ \$
<input type="checkbox"/>	Feuillet de 4 timbres	X	29,96 \$	_____ \$
<input type="checkbox"/>	Feuillet signé	X	35,31 \$	_____ \$
<input type="checkbox"/>	Reproduction et un timbre	X	221,28 \$	_____ \$
<input type="checkbox"/>	Reproduction et un timbre signé	X	226,63 \$	_____ \$
<input type="checkbox"/>	Reproduction en édition de luxe	X	436,35 \$	_____ \$
	Frais de livraison		2,31 \$	2,31 \$

Les prix affichés incluent les taxes Total \_\_\_\_\_ \$



C.P. 223, Tadoussac  
(Québec) G0T 2A0  
Téléphone : (418) 235-4701  
Télécopieur : (418) 235-4325



**FONDATION DE LA FAUNE  
DU QUÉBEC**

140, rue Grande Allée Est, bureau 860  
Québec (Québec) Canada G1R 5M8

Téléphone : (418) 644-7926  
Télécopieur : (418) 643-7655

Vous pouvez transmettre le bon de commande par télécopieur.

## Il vous manque un Québec Science? Le voici

Complétez votre collection.  
Retrouvez le dossier ou l'article qui vous intéresse.

Plusieurs numéros de sont encore disponibles.  
Certains sont en nombre très limité.  
Commandes honorées jusqu'à épuisement.

**Commandez dès maintenant.**



**Juin 1993**

Le Guide des vacances  
Hibernia  
Les vélos high tech  
Henri Atlan

**Mai 1993**

Dossier déchets  
Réseau informatique Internet  
Le diagnostic de la mort

**Avril 1993**

Libre-échange et technologie  
Parcs technologiques  
Les robots

**Mars 1993**

Dossier énergie  
La vie secrète du Biodôme  
Les modèles économiques

**Février 1993**

Dossier télé, radio, vidéo  
Le prix d'une marée noire  
Chirurgie pour nos routes

**Décembre-janvier 1993**

Effet de serre  
Sida: le vaccin québécois  
Les étoiles mortes

**Novembre 1992**  
(30<sup>e</sup> anniversaire)

30 experts imaginent l'avenir  
Médecine génétique  
La morue moribonde ?

**Octobre 1992**

Dossier biotechnologies  
Implants mammaires

**Septembre 1992**

Le marché de la naissance artificielle  
Les voitures électriques  
Télescopes, cloches

**Juillet-août 1992**

Dossier Biodôme  
Dossier découvrir l'univers  
Les jumeaux, le magnésium

**Juin 1992**

Spécial environnement  
Dossier Biodôme

**Mai 1992**

Spécial innovation  
Les nouveaux gourous de l'économie  
Les 25 ans de l'IRCM

**Mars 1992**

Objectif Mars  
Michel Serres  
Les trains ultrarapides  
Les animaux malades de nos gènes

**Février 1992**

La fusion nucléaire  
Les insectes sociaux

**Décembre-janvier 1992**

Dossier Santé mentale  
La saga des découvreurs  
Le fleuve en images

**Novembre 1991**

Spécial francophonie

**Octobre 1991**

Les premiers habitants du Québec  
Radarsat  
Grande-Baleine

**Septembre 1991**

Mâle ou femelle  
L'arthrite  
Les cavernes du Mexique

**Été 1991**

Féerie sous le Saint-Laurent  
Les plantes médicinales  
Les microclimats

**Mai 1991**

Spécial environnement

**Avril 1991**

L'océanographie  
Jean-René Roy, astrophysicien  
La mathématique du chaos

**Mars 1991**

Danger au labo  
L'agriculture durable  
Le chaos ordonné

**Février 1991**

Les régimes amaigrissants  
Rire pour guérir  
L'archéologie américaine

**Décembre 1990**

Les vêtements high tech  
La transfusion sanguine  
Le téléphone de poche

**Octobre 1990**

La médecine sportive  
Les écoles Fernand-Seguin  
Le parc marin du Saguenay

**Septembre 1990**

Les médias du futur  
L'avenir des sciences humaines  
L'acupuncture

**Été 1990**

Les animaux de laboratoire  
Les Galapagos  
Science et handicaps physiques

**Mai 1990**

Spécial environnement

**Avril 1990**

La médecine prénatale  
La muséologie scientifique  
Pierre Dansereau: agir

**Mars 1990**

Les pompiers high tech  
Les malades du sommeil  
Les couleurs

**Janvier 1990**

Spécial énergie

**Décembre 1989**

Les femmes en sciences  
Fernand Seguin  
Les avions hypersoniques

**Novembre 1989**

Spécial Espace

**Juillet-août 1989**

La chauve-souris  
Les peaux ridées  
La dendrochronologie

**Juin 1989**

Horticulture: Métis, Quatre Vents  
La nature au musée  
Les causes de l'Alzheimer

**Québec Science**

Cochez les numéros désirés, remplissez le coupon et

retournez cette page avec votre paiement à:

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

Je commande \_\_\_\_\_ numéros à 4,35 \$ Total : \_\_\_\_\_

(poste, manutention et taxes incluses) TPS : 0,26 \$ TVQ : 0,32 \$

Nom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

no \_\_\_\_\_ rue \_\_\_\_\_ app. \_\_\_\_\_

ville \_\_\_\_\_ province \_\_\_\_\_

code postal \_\_\_\_\_ téléphone \_\_\_\_\_

Je paye par  chèque  Visa  MasterCard

(à l'ordre de Québec Science)

N° de carte \_\_\_\_\_ Date d'expiration \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Signature \_\_\_\_\_

Offre valide au Canada, jusqu'au 31 août 1994, selon la disponibilité. Étranger: tarifs sur demande.

TPS : R 1335 97427 TVQ : 1013609086

**Mai 1989**

Spécial environnement

**Avril 1989**

Forillon, Mingan, Mauricie  
Les Grands Lacs  
L'exploitation minière

**Mars 1989**

Les boîtes noires des avions  
La nouvelle dentisterie  
Brenda Milner: la mémoire

**Février 1989**

Pollution domestique  
L'équipe spatiale du Canada

**Janvier 1989**

Le réseau hydro-québécois  
En finir avec les BPC  
La masse cachée de l'univers

**Novembre 1988**

La sclérose en plaques  
Satellite ou fibre optique?  
Les roches lunaires

**Septembre 1988**

Course auto et technologie  
La navette soviétique  
La microchirurgie

**Juillet-août 1988**

Le bronzage  
Les entreprises et l'environnement  
Imax et Omnimax

**Juin 1988**

Les ponts du Québec  
La santé mentale  
Les feux d'artifice

**Février 1988**

L'imagerie médicale  
Les radioamateurs  
Les adolescents québécois

**Janvier 1988**

La vie extraterrestre  
L'ozone  
Le mal de tête

**Également disponibles :**  
(Encercler)

**1988 :** mars, avril, mai, octobre, décembre

**1989 :** septembre, octobre

**1990 :** février, novembre

**1991 :** janvier

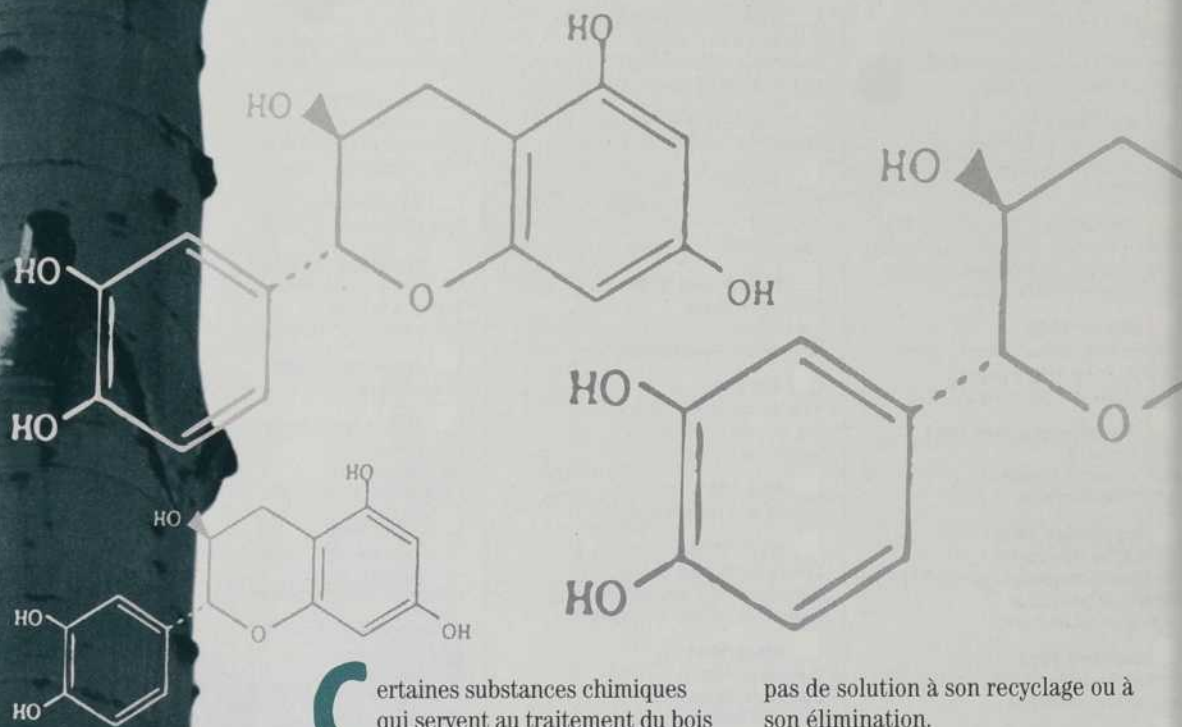
**1992 :** avril

## POLLUTION

# Traiter le bois naturellement

Les PCP et CCA utilisés pour traiter le bois sont toxiques. On pourrait bientôt les remplacer par une substance que les arbres produisent eux-mêmes pour se protéger des champignons : les tanins.

par Pierre Dubois



Certaines substances chimiques qui servent au traitement du bois polluent. Par exemple, le pentachlorophénol (PCP), qui sert entre autres choses à traiter les poteaux de téléphone et d'électricité, se dégrade très lentement dans l'environnement. Brûler du bois traité au PCP libère aussi des dioxines, une famille de molécules parmi les plus toxiques. Dans quelques années, le PCP sera définitivement banni du Canada. Par quoi le remplacer ?

D'autres produits sont disponibles, mais ils ont aussi un impact sur l'environnement. Par exemple, le bois vert des patios, traité à l'arséniate de cuivre chromaté (CCA), dégage en brûlant de l'arsenic toxique. À plus longue échéance, le CCA ne pourra plus, lui non plus, être utilisé si on ne trouve

pas de solution à son recyclage ou à son élimination.

La course aux produits de remplacement est donc ouverte. Selon les travaux de chercheurs américains et japonais, les tanins sont de bons candidats. Extraits de l'écorce des arbres, où leur fonction naturelle est justement de combattre les champignons parasites, les tanins sont utilisés depuis des siècles pour tanner le cuir. Yves Fortin, professeur en sciences du bois à la faculté de foresterie et de géomatique de l'Université Laval, teste déjà les propriétés des tanins pour protéger le bois des moisissures et des pourritures. Les résultats sont prometteurs dans les deux cas, à condition qu'on prenne soin d'amener les tanins à un niveau de pureté d'au moins 80 %.

Le chercheur scrute à la loupe les tanins extraits des écorces de trois espèces : l'épinette blanche et le sapin baumier, au Québec, et le barbatimao, une espèce brésilienne riche en tanins. Notre très importante industrie du sciage produit énormément d'écorce d'épinette blanche et de sapin, qui jusqu'à maintenant servait à la production de vapeur ou devenait un déchet, faute de preneurs.

Mais on est bien loin de sabler le champagne. Les tanins seuls ne protègent pas bien le bois : ils sont trop facilement lessivés par l'eau. On les fixe donc au bois au moyen d'ions métalliques, de fer ou d'aluminium. Selon Yves Fortin, il faudra attendre encore cinq ans pour développer un nouveau fongicide à



Yves Fortin, de l'Université Laval. Il essaie de concevoir un fongicide à base de tanins.

base de tanins, sans compter le délai supplémentaire pour obtenir l'homologation fédérale. On devra, par exemple, faire la preuve que le produit à base de tanins végétaux et d'ions métalliques n'est pas trop nocif pour la santé et l'environnement.

Selon Pierre Auger, toxicologue au DSC du Centre hospitalier de l'Université Laval, les tanins sont *a priori* jugés moins toxiques que le PCP, le CCA et la créosote, les produits actuellement sur le marché. On sait par exemple que les tanins ont généralement un effet stimulant sur le système

immunitaire. Mais le spécialiste avoue que la toxicité des tanins est peu connue, encore moins celle des tanins combinés aux ions métalliques. ●

## NOUVELLES COLLES

Les tanins peuvent aussi servir à fabriquer de la colle. Chimiquement, les tanins sont des polyphénols naturels. La colle utilisée dans la fabrication du contreplaqué, par exemple, est un mélange de phénols et de formaldéhyde. Les tanins peuvent donc remplacer les phénols pétroliers. Selon Bernard Riedl, professeur à la faculté de foresterie et de géomatique de l'Université Laval, certains pays qui paient leur pétrole très cher y trouvent déjà un avantage. C'est le cas de la Tanzanie, où une industrie produit des panneaux de bois avec une colle faite de tanins. Dans les pays industrialisés, la colle à base de tanins n'a aucune chance de remplacer celle à base de pétrole, car, selon monsieur Riedl, les phénols pétroliers coûtent trop peu cher chez nous.

Ce qui motive les chercheurs d'ici, c'est plutôt la recherche d'une colle causant moins d'allergies. La colle à base de phénols et de formaldéhyde cause des allergies chez plusieurs personnes. Vous pourriez bel et bien être allergique à vos armoires en mélanine qui contient ce type de colle ! Le problème vient cependant de la formaldéhyde et non des phénols. Mais, malheureusement, il n'y a pas encore de produits de substitution pour la formaldéhyde.

## BÉLUGAS

## Liberté intoxiquée

Problème de consanguinité ? Problème d'immunologie ?  
Les bélugas du Saint-Laurent vivent en liberté intoxiquée.

par Benoît Chapdelaine

**E**n ce soir pluvieux d'octobre, un camionneur solitaire venu des Méchins, en Gaspésie, transporte une lourde cargaison sur l'autoroute Jean-Lesage. À 20 h 30, il contourne l'édifice principal de l'École de médecine vétérinaire de Saint-Hyacinthe, fouetté par le vent d'automne. Puis il recule sa remorque devant le hangar numéro 3. « Défense d'entrer », indique l'affiche au-dessus de la porte. Il y pénètre. L'opération est extrêmement bien organisée. Le vétérinaire Sylvain De Guise, fraîchement arrivé de Montréal, accueille le camionneur dans le couloir, enfle un sarreau et l'aide à retirer l'animal de la remorque. Le béluga enroulé dans un filet est hissé avec un crochet et amené mécaniquement jusqu'à la salle d'autopsie.

Cette gigantesque salle pourrait contenir une demi-douzaine d'éléphants. Une longue traînée de sang a coulé de l'œil droit du cétacé.



« Les yeux sont toujours la première chose que les goélands mangent », dit le vétérinaire.

Chaque année, une vingtaine de bélugas s'échouent sur les rives du Saint-Laurent, principalement en Gaspésie, mais aussi sur la Côte-Nord. Les riverains qui les trouvent communiquent alors avec l'Institut national d'écotoxicologie du Saint-Laurent à Rimouski, qui dépêche un spécialiste pour identifier l'animal.

« C'est important d'aller vérifier sur place, car les gens ne veulent pas toujours s'approcher, surtout si ça sent fort, explique Sylvain De Guise. Une fois, on a été appelés pour un béluga alors qu'il s'agissait d'une carcasse de chien Terre-Neuve... »

De 6 à 10 bélugas par an sont conduits à Saint-Hyacinthe pour fins d'autopsie, les autres étant en trop mauvais état pour être transportés.

Soudain, la salle d'autopsie est envahie par une demi-douzaine d'étudiants en médecine vétérinaire venus enrichir leurs connaissances. L'animal est d'abord pesé : 1226 livres (environ 560 kilos), un poids relativement faible pour une femelle. Les plus gros bélugas dépassent les 2000 livres (environ 900 kilos).

La baleine est ensuite grossièrement délestée de sa graisse qui fait au moins 15 centimètres d'épaisseur. Puis, on s'affaire à observer les poumons, le foie, les reins et les dents qui, une fois coupées, indiqueront l'âge du béluga comme les anneaux d'un tronc d'arbre.

Que révèlent donc les autopsies ? Que ces bêtes étaient contaminées et malades. « Plus du tiers des tumeurs décelées chez les baleines dans le monde viennent des bélugas du Saint-Laurent », affirme Sylvain De Guise.

Les rapports d'autopsie montrent qu'un béluga mâle adulte du Saint-Laurent transporte de 100 à 300 parties par million (ppm)<sup>1</sup> de BPC dans ses graisses.







**Si les bélugas du Saint-Laurent cessaient de se reproduire, il n'y en aurait plus en 2020.**

On a déjà mesuré près de 800 ppm de BPC dans les graisses d'un nouveau-né, un niveau 4000 fois plus élevé que la norme de consommation humaine ! « À titre de comparaison, fait observer Sylvain De Guise, le niveau de BPC dans les bovins exposés aux BPC après l'incendie de Saint-Basile-le-Grand était de 0,22 ppm... »

Pierre Béland, le directeur de l'Institut national d'écotoxicologie du Saint-Laurent, l'homme qui a mis les bélugas « sur la carte » au Québec, vient prêter main-forte. « Ces autopsies sont importantes pour établir une preuve scientifique. On en fait depuis 1982, mais ce n'est pas une assez longue période de temps d'un point de vue scientifique », dit-il en disséquant un pancréas.

Pendant qu'ici une dizaine de person-

nes s'affairent avec une certaine frénésie autour d'un béluga, dehors les gens se préoccupent d'élection. « Ce n'est pas juste les bélugas qui sont démodés, déplore Pierre Béland, c'est l'environnement au complet... Les gens disent : on va s'occuper de trouver des emplois, on verra après pour l'environnement... »

Même si, depuis des années, on pointe du doigt la pollution du fleuve Saint-Laurent pour expliquer le peu de bélugas qu'on y trouve, il reste à prouver scientifiquement que la présence de produits toxiques cause la mort des cétacés. C'est ce que s'emploie à faire Sylvain De Guise en analysant l'énorme mammifère au microscope.

« Notre hypothèse, précise-t-il, est que les contaminants affectent le système immunitaire des bélugas et les rendent plus vulnérables aux maladies. » Plusieurs bélugas meurent de maladies que leur système immunitaire aurait normalement



Benoît Chapdelaine

combattues facilement. Des infections bénignes se propagent dans l'organisme, et les victimes s'affaiblissent. Jusqu'à la mort.

Le système immunitaire ne reconnaît pas, et donc ne détruit pas, des cellules anormales qui résultent d'une exposition à des produits cancérigènes. Ce qui provoque la formation de tumeurs.

« Quand on observe une inefficacité du système immunitaire, c'est qu'il y a une forte concentration de contaminants ou un problème de consanguinité », dit Robert

Michaud, un autre spécialiste des bélugas rattaché à l'Institut national d'écotoxicologie du Saint-Laurent.

Le rapport préliminaire d'une étude présentement en cours atténue grandement l'importance de la consanguinité pour expliquer les problèmes de reproduction et le taux élevé de décès chez les bélugas du Saint-Laurent.

Si l'espèce cessait demain de se reproduire, il n'y aurait plus de bélugas dans le Saint-Laurent en l'an 2020. On en compte

bon an mal an environ 500 depuis le début des années 70. Mais ils étaient 10 fois plus nombreux il y a 100 ans, selon les documents de l'époque. La chasse à la baleine blanche, conjuguée plus tard à la pollution industrielle, a vraisemblablement décimé la population de bélugas. Le diagnostic des derniers recensements aérien et naval varie de modérément optimiste à plutôt pessimiste.

Michael Kingsley, responsable de la section Mammifères marins au laboratoire de Pêches et Océans Canada à Rimouski, croit que la population augmente légèrement d'une année à l'autre. On a estimé le nombre de bélugas à 491 en 1988 et à 525 en 1992. En 1990, on parlait de 606 bélugas, un chiffre vraisemblablement erroné selon lui. « Au pire, la population est stable », dit Michael Kingsley.

Pour appuyer son diagnostic encourageant, l'expert de Pêches et Océans Canada souligne qu'on trouve très peu de carcasses de bélugas âgés de 2 à 12 ans le long du Saint-Laurent, et que les derniers recensements montrent une forte proportion de jeunes bélugas, reconnaissables par leur ton grisâtre.

De son côté, le chercheur Robert Michaud estime qu'environ 30 % de la population actuelle de bélugas est formée de jeunes. Or, « il faut plus de 30 % de jeunes pour qu'il y ait un potentiel positif d'accroissement de la population », affirme ce spécialiste qui ne voit pas de raison de pa-  
voiser. ●

<sup>1</sup> De 100 à 300 ppm de BPC signifie qu'il y a de 100 à 300 molécules de BPC par million de molécules des différentes substances qui forment les graisses de l'animal.

## OÙ SONT-ILS ?

Robert Michaud a complété l'été dernier un rapport basé sur les derniers recensements qui démontre que le béluga du Saint-Laurent est concentré, l'été, dans une zone de 200 km entre l'île-aux-Coudres (en aval de Baie-Saint-Paul) et l'île du Bic (en amont de Rimouski). Il a établi que les bélugas se divisent en troupes de grandeurs variées : en aval de Tadoussac, donc plus près de la mer, les deux tiers des bélugas se déplacent en troupes d'au moins 60 individus, alors qu'en amont les groupes comptent rarement plus de 30 individus. L'hiver, la zone de fréquentation des bélugas s'étend jusqu'au large de Sept-Îles.

## **Le médecin vétérinaire,...** **le médecin de la vie animale**

préserve :

*la vie de nos animaux familiers;*  
*la vie de nos animaux de ferme;*  
*la vie de nos élevages industriels;*  
*la vie de nos animaux de sport;*  
*la vie de nos animaux de la faune;*  
*la vie de l'Homme;*  
*par la qualité de l'environnement,*  
*l'innocuité de notre assiette et*  
*le contrôle des maladies*  
*transmissibles.*



Ordre des  
médecins vétérinaires  
du Québec

## BÉLUGAS

# Pour ou contre la captivité ?

Le Biodôme de Montréal envisage d'héberger des bélugas.  
La captivité d'un mammifère marin est-elle justifiée ?

par Benoît Chapdelaine

Il est interdit depuis plusieurs années de capturer un béluga dans le Saint-Laurent. Les aquariums du Canada, des États-Unis, du Japon et de l'Allemagne sont traditionnellement allés chercher les bélugas dans la baie d'Hudson, où ils sont beaucoup plus nombreux (23 000 selon Pêches et Océans Canada). Mais depuis la fin de 1992, il est interdit de capturer des bélugas, où que ce soit au Canada, pour fins d'exportation.

Le Biodôme de Montréal a reporté à 1995 sa décision d'acquérir des bélugas pour son bassin reproduisant le Saint-Laurent marin. Soucieuse que cette acquisition se fasse sans « animosité », l'administration de la « Maison de la vie » s'engage à tenir compte de sondages et d'audiences publiques avant de prendre une décision.

Des contraintes matérielles et morales empêchent le Biodôme d'aller de l'avant présentement. « Il faut prévoir un employé par mammifère marin (le Biodôme en veut au moins 5) et deux millions de dollars pour la capture des bélugas », résume Rachel Légère, la directrice des collections vivantes du Biodôme. Une somme énorme pour le Biodôme, qui fêtera en juin son deuxième anniversaire.

Et puis il faut un programme de recherche scientifique qui justifie la garde de bélugas en captivité. Pour l'instant, le seul projet mis de l'avant a peu de poids dans la balance. Il concerne l'étude des communications entre bélugas. Ces derniers sont parfois appelés « canaris des mers » parce qu'ils émettent plus de sons stridents que les autres cétacés.

« On prévoit utiliser de l'hypalon dans le bassin, un matériau qui absorbe les ultrasons et qui permet aux sous-marins américains d'échapper aux sonars, explique Serge Parent, le spécialiste de la vie aquatique au Biodôme. Sans ce matériau, les sons se répercutent sur les parois du bassin, et les bélugas exposés à une véritable cacophonie cessent d'émettre des ultrasons. » Allez donc alors étudier leurs communications !

En en apprenant davantage sur les sons et les signes des bélugas en captivité, les chercheurs espèrent mieux comprendre leur comportement, à l'approche de bateaux de croisière, par exemple. Les sons qu'ils émettent sont-ils des signaux de frayeur ?

« Il ne faut pas essayer absolument de trouver des finalités à la recherche, insiste



Serge Parent. Avec les bélugas, ce serait d'abord de la recherche fondamentale, pour accroître nos connaissances de l'espèce. »

L'arrivée éventuelle de bélugas au Biodôme forcera aussi « l'évacuation », du moins temporaire, de certaines de poissons actuellement dans le bassin du Saint-Laurent. Les fous de bassin, qui font la joie des curieux, connaîtraient peut-être le même sort. « Si on les laisse dans leur volière au-dessus du bassin, ils vont aller piquer le dos des bélugas », croit

Serge Parent. Les oiseaux risquent surtout de leur transmettre des maladies, par leurs excréments. D'autre part, l'opinion publique n'est pas très favorable à la garde de mammifères marins en captivité et les groupes de défense des animaux sont très bien organisés pour freiner cette démarche (voir page suivante).

Pour l'instant donc, l'aquarium de Vancouver demeure le seul endroit au Canada où on peut observer des bélugas en captivité. Il est



Daniel Lefebvre / GREMM

situé dans le splendide parc Stanley qui borde à la fois le centre-ville et l'océan Pacifique. On peut y admirer de près la terrible dentition d'un requin et y voir des épaulards et des bélugas nager dans de grands bassins en plein air. Une salle de réunion de l'aquarium offre une vue sous-marine sur d'énormes épaulards qui, dit-on, calment les rencontres tendues.

Ici, on espère que le seul mâle, Nanuq, arrivé en 1990, effectuera son devoir conjugal auprès des quatre femelles qui forment son harem : Kauna,

Allua, Imaq et Aurora. Pour l'instant Nanuq, qui a peut-être laissé sa fiancée dans la baie d'Hudson, ne semble guère tenté par de nouvelles aventures.

En fait, il est très rare que les bélugas se reproduisent en aquarium. On compte seulement une quinzaine de naissances en captivité depuis 20 ans, la majorité à l'aquarium de New York. Malheureusement, très peu de jeunes bélugas ont survécu plus de quelques semaines à leur naissance. Mais la métropole américaine tire admirablement bien son épingle du jeu : trois des huit bélugas nés en captivité depuis 1991 y ont vu le jour, dont la seule femelle (née en juillet 1993) à survivre plus de quelques semaines. Quel est donc leur secret ?

« Avoir un groupe qui s'entend bien et deux mâles en âge de procréer, donc en compétition dans le même bassin », répond Kevin Walsh, le directeur du dressage des mammifères marins à l'Aquarium for Wildlife Conservation de New York. Les chercheurs de New York ont détecté la grossesse des femelles en prélevant régulièrement des échantillons de sang et en y mesurant le taux de progestérone. Ils ont ainsi appris plusieurs choses, entre autres que la période de gestation est de 16 mois plutôt que de 14 comme on le croyait.

« Ce sont des tests volontaires, précise Kevin Walsh. On apprend au béluga à nous présenter sa queue pour effectuer une prise de sang. »

Les chercheurs ont aussi découvert que les jeunes bélugas ne têtent pas instinctivement le lait de leur mère, mais que celle-ci leur pompe littéralement le lait dans la gueule.

Présentement, l'aquarium essaie de vérifier l'hypothèse selon laquelle chaque béluga a sa propre signature sonore.

Mais le plus grand succès des dernières années demeure indéniablement la naissance de bélugas en captivité, particulièrement à New York et au Sea World de San Antonio, au Texas, où trois bébés sont nés en 1993.

Comme on le fait couramment entre jardins zoologiques, on en viendra peut-être bientôt à échanger des bélugas entre aquariums et à réduire les captures. Kevin Walsh serait bien heureux de voir un jour une partie de sa progéniture au Biodôme de Montréal, qui de son côté se passerait bien d'une expédition controversée dans la baie d'Hudson.

## LA CONSERVATION DE L'ENVIRONNEMENT ACTION ET PRÉVENTION

**Le ministère des Pêches et des Océans (MPO) a le mandat d'assurer des pêches viables à la population canadienne, en protégeant le poisson et son habitat.**



**E**n tant que partenaire important de la phase II du Plan d'action Saint-Laurent, le MPO travaille à mettre en valeur les habitats marins, à évaluer la qualité des habitats côtiers ainsi qu'à accroître la sensibilisation de la population et à favoriser son engagement.

Le MPO poursuit le plan de rétablissement du béluga et évalue les effets des contaminants sur les espèces de poissons. Il continue aussi à recueillir des informations qui seront cruciales lorsqu'il s'agira de prendre, en collaboration avec des partenaires, des décisions ayant des impacts potentiels sur le Saint-Laurent.



Pêches et Océans Fisheries and Oceans

Canada

# Des arguments pour et contre la captivité des bélugas

**L**e monde des mammifères marins est suivi de très près non seulement par les océanologues et Cousteau de tous genres, mais aussi par de nombreuses organisations environnementales qui associent captivité à cruauté.

Leurs militants se présentent dans les assemblées publiques ou sur les lieux des captures, mettent en évidence l'aspect cruel de la captivité et freinent les ambitions de ceux qui, comme au Biodôme, forment l'intention d'acquiescer des mammifères marins.

Québec Science ne croit pas que la question doive être tranchée. Voici cependant quelques commentaires pour vous aider dans votre réflexion sur la pertinence de la captivité des mammifères marins.

## JEAN-MICHEL COUSTEAU

océanologue, producteur de films, fils du célèbre commandant Cousteau :

**CONTRE** « Les mammifères marins en captivité sont comme des détenus dans une prison étrangère. Ils sont arrachés de leur environnement naturel et placés dans de minuscules piscines où leurs méthodes traditionnelles d'orientation et de communication sont dramatiquement perturbées. Qui nous donne le droit de jouer à Dieu en manipulant la nature ?

## PIERRE BÉLAND

président et directeur scientifique de l'Institut national d'écotoxicologie du Saint-Laurent :

**POUR** À propos du faible taux de reproduction des bélugas en captivité : « Mes parents ont eu huit enfants, mais je ne crois pas que ça les ait rendus plus heureux que d'autres qui en ont eu moins. Comment évaluer le bonheur d'un animal ? Les animaux en captivité n'ont pas d'ennemis, ils sont bien nourris. »

## ANNE DONCASTER

directrice du chapitre canadien de la Coalition internationale pour la sauvegarde de la faune :

**CONTRE** « Il faut sensibiliser les gens à la nature près de chez eux. Qu'ils aillent dans le bois ou qu'ils regardent les animaux sur film. Au Biodôme, on voudrait que les bélugas nagent avec des poissons qu'ils ne mangeront pas : ils n'ont pas besoin de cette compagnie. Qu'on s'occupe plutôt de nettoyer leur environnement dans le Saint-Laurent. »

## SERGE PARENT

spécialiste de la vie aquatique, conseiller scientifique pour le Biodôme de Montréal :

**POUR** « Le sens de la nature est sous-développé. Nous voulons que les visiteurs du Biodôme développent une attitude contemplative de la nature. Ce n'est pas tout le monde qui peut aller voir les bélugas du Saint-Laurent. » ●

DELACHAUX ET NIESTLÉ

vous propose



### Guide des étoiles et planètes

72 cartes pour l'observation du ciel, 52 planisphères célestes détaillées, 230 photos dont 82 en couleurs, un outil essentiel pour l'astronome amateur. 475 pages 48.75\$



### Les défis de la vie

De David Attenborough, un ouvrage prestigieux sur le royaume animal et en particulier sur le comment et parfois le pourquoi du comportement des espèces. 317 pages 39.95\$



### Les plantes médicinales

Un manuel d'herboristerie à la fois simple d'utilisation et solide par son contenu scientifique touchant 99 espèces médicinales. Plus de 500 illustrations en couleurs. 215 pages 49.50\$



### La vie sauvage au Sahara

Un vaste panorama sur la faune saharienne qui fera date par la perspicacité des textes et la splendeur de la photographie. 240 pages 86.95\$

Disponibles en librairie

Pour informations ou catalogue



Diffusion Raffin  
7870 Fleuricourt  
St-Léonard, Québec  
H1R 2L3

Tél.: 325-5553  
Fax: 325-7329

# Le savant imaginaire

Fernand Seguin a d'abord été un chercheur.  
Mais c'est comme communicateur qu'il a été connu.  
Intervieweur au *Sel de la semaine*, producteur de cinéma,  
chroniqueur à *Québec Science*, auteur de livres...  
Il a même animé des jeux questionnaires  
au début de la télévision.

**Jean-Marc Carpentier et Danielle Ouellet**

publient la première biographie de cet homme original et exceptionnel.

Nous vous en présentons deux extraits.

**Le savant imaginaire**  
Jean-Marc Carpentier et  
Danielle Ouellet.  
Éditions Libre Expression.

À l'automne 1948, la faculté des sciences perd un enfant terrible tandis que l'École de technologie médicale de l'hôpital Saint-Jean-de-Dieu gagne un enseignant et un chercheur de premier ordre. Peu de temps après son arrivée, Fernand fonde le département de recherches biochimiques. Il n'a rien du bâtisseur intrépide qui demande à grands cris des locaux ou même un édifice. Il se contente d'un petit local vacant que les religieuses lui concèdent. Il lui suffit de peindre sur la porte « Département de recherches biochimiques, Fernand Seguin », et le tour est joué. L'École de technologie médicale de l'hôpital Saint-Jean-de-Dieu possède désormais un laboratoire de recherche. Fernand Seguin en est le directeur ainsi que le seul et unique employé.

Dans son nouveau laboratoire, situé au cinquième étage du pavillon central de l'hôpital Saint-Jean-de-Dieu, Fernand est plus seul que jamais, même s'il croise à l'occasion Georges Préfontaine qui donne lui aussi un cours à l'École de technologie médicale. Il ne retourne à l'université que rarement, uniquement pour terminer ses recherches pour le doctorat. Ses nou-



veaux étudiants apprennent à travailler avec ce professeur rapide et précis. Personne n'a le temps de s'endormir dans les cours de Fernand Seguin. Sans être impatient, il n'aime pas beaucoup répéter. Le secret de son succès : ne s'adresser qu'à deux ou trois personnes à la fois, jamais à une foule. Les étudiants l'apprécient et le lui manifestent à leur manière. Le lendemain d'un jour où leur profes-

seur a utilisé l'expression « les raisins sont trop verts », par exemple, ils placent une grosse grappe de raisins en signe de bienvenue sur son bureau.

Fernand est aussi en charge des travaux de laboratoire. Alors qu'il se promène entre les tables, rien ne lui échappe. Il distribue conseils et recommandations : « Vous avez oublié de mettre des petites pellicules, ça va moins bien mouiller »; « Votre thermomètre n'est même pas dans le liquide »; « Resserrez votre bouchon »; « Vos pinces sont croches. » Très attentif et très entier, il transmet son savoir sans relâche et ses examens font plus appel au raisonnement qu'à la mémoire.

Fernand Seguin a trouvé sa voie. Il se sent à l'aise dans un contexte intellectuel qui, s'il n'est pas toujours à la hauteur de ses aspirations et de son esprit critique, reste tout de même pour lui la seule possi-

La science en pantoufles, en 1954.

bilité de s'épanouir. Une chose est sûre : la recherche et l'enseignement seront désormais les moteurs de sa vie professionnelle.

La vie familiale se déroule au gré des humeurs des époux. La naissance d'Isabelle en 1946 a donné un nouveau souffle à une relation trop souvent tumultueuse. Par contre, deux ans plus tard, le décès d'un garçon nouveau-né, Pierre, vient tout bouleverser. À cette occasion, Fernand se tourne vers sa famille, qu'il avait délaissée depuis quelques années. Déprimé, il tente de se rapprocher de ses sœurs, qui l'aident



du mieux qu'elles peuvent. Mais l'intérêt qu'il porte à ses recherches lui permet d'occuper son esprit et de ne pas sombrer dans le désespoir. Ce douloureux événement affecte Marguerite profondément. Elle vit des semaines et des mois extrêmement difficiles. Concentré sur ses travaux, son mari est plutôt absent.

Fernand dépose enfin sa thèse de doctorat au mois de mai 1949, un manuscrit de cent cinquante-six pages intitulé « Influence des testicules et des surrénales sur le métabolisme protidique ». Depuis des années qu'il s'intéresse à différents aspects du rôle des protéines dans l'organisme, il a atteint son but. Il aura bientôt son doctorat.

Le jury de thèse se compose de quatre personnes : Louis-Paul Dugal et Georges Préfontaine, ainsi que Henri Prat, directeur du département de biologie de l'Université de Montréal, et Louis-Philippe Bouthillier, professeur de biochimie à la faculté des sciences de l'Université de Montréal. Préfontaine approuve la thèse mais, contre toute attente, Bouthillier s'objecte. Ce dernier affirme que c'est Dugal, par l'intermédiaire de Prat, qui lui a mis la puce à l'oreille en lui demandant de vérifier les conclusions de Fernand, qui lui semblaient contradictoires. Après un examen détaillé, Bouthillier constate des erreurs dans le traitement statistique des données et suggère des corrections.

Le choc est dur. Fernand juge que ses travaux sont amplement suffisants. Il n'a pas envie de reprendre une seule ligne. D'autant plus qu'il a pris connaissance d'autres thèses : si on a déjà accordé un doctorat à un missionnaire pour avoir analysé le taux de potassium des bananes et à un autre pour l'étude du taux d'azote des pois à soupe, sa propre thèse n'a aucune raison d'être refusée ! Il reçoit les demandes de Bouthillier comme un affront personnel. Il s'indigne et refuse catégoriquement d'apporter quelque correction que ce soit.

Pendant six mois, tous ses proches tentent de le convaincre de se montrer moins entêté. Paul Lemonde, son voisin et collègue, lui donne raison du point de vue scientifique, mais lui conseille d'obtempérer, ne serait-ce que pour pouvoir publier. Il l'encourage aussi du mieux qu'il peut, au cours de longues soirées, mais Fernand reste inflexible. Claude, le frère de Marguerite, se range à ses arguments mais lui suggère tout de même de se plier aux exigences du jury. Il a l'impression d'assister à une véritable tragédie grecque et il regrette de voir son beau-frère mettre ainsi toute sa carrière en péril.

Fernand s'entête, mais, à mesure que le temps passe, l'inquiétude le gagne. Il s'attendait à ce que Dugal vienne à son secours et prenne la défense de sa thèse. Son silence équivaut pour lui à une trahison. Pire, Dugal lui conseille lui aussi d'apporter quelques modifications mineures, comme on le lui demande. Blessé par ce qu'il ressent comme un abandon, Fernand ne se laisse pas ébranler. Même Préfontaine, qui a perdu toute influence à l'université depuis qu'il en est parti, ne réussit pas à le convaincre. Fernand est jeune, enthousiaste et trop intransigeant. Il déclare qu'il ne fera pas de compromis pour plaire à un professeur de deuxième ordre. En réalité, il a voulu donner un traitement statistique à ses données sans posséder de formation suffisante dans ce domaine. Il a suffi d'une erreur de calcul pour fausser ses résultats. Mais, pour l'instant, il est allé trop loin pour reculer. Pas question de revenir sur sa décision !

Dugal se présente un jour chez Fernand pour discuter une fois de plus de la question du doctorat. Marguerite le reçoit et elle lui annonce bien haut, sur un ton qui n'admet pas de réplique : « Mon Fernand n'a pas besoin de doctorat ! » Dugal ne se laisse pas impressionner : « Fernand, s'écrie-t-il, vous n'irez nulle part si vous n'obtenez pas votre doctorat ! » La réplique fuse : « Je vous le prouverai que je

peux aller loin sans cela ! » Le défi qu'il vient de lancer s'adresse beaucoup plus à lui-même qu'au directeur de recherche mais celui-ci l'avertit une fois de plus : « Vous ne réussirez pas ! » Fernand clôt la discussion une fois pour toutes : « Soyez tranquille, comptez sur moi, je vais y arriver. » Après des mois de querelles, la thèse de Fernand Seguin est rejetée. Il n'aura jamais son doctorat.

•••

**A**u printemps 1977, la Société Radio-Canada lui demande de préparer un documentaire d'une heure sur le cancer. L'idée lui plaît, d'autant plus que le sujet le préoccupe depuis plusieurs années, et à plus d'un titre. Déjà en 1953, dans son livre *Entretiens sur la vie*, il s'employait à départager les fausses croyances et les vérités. Il entrevoyait même que cette maladie aurait livré la plupart de ses secrets dans une dizaine d'années. Plus de deux décennies plus tard, le mystère demeure. Devenu membre du conseil d'administration de l'Institut du cancer de Montréal, Fernand connaît bien la complexité scientifique du problème.

Mais au-delà de la maladie, il y a les gens. Fernand ne peut plus se contenter de jeter uniquement un regard d'homme de science sur la question. Le cancer évoque pour lui une douloureuse réalité. Son ami Jordi Bonet mène depuis des années une lutte de tous les instants contre cette maladie. Dans l'espoir de le sauver, Fernand est même allé jusqu'à servir de prête-nom à Gaston Naessens, un chercheur français controversé qui affirmait avoir trouvé un remède contre le cancer. Naessens voulait faire analyser son produit à base de camphre, le 714 X, par un laboratoire reconnu, dans le but de montrer qu'il n'était pas dommageable pour la santé. Il hésitait à faire la demande sous son propre nom, de peur que les analystes le reconnaissent et refusent d'effectuer le test. Il a voulu trouver une personne dont la crédibilité scientifique était bien établie pour effectuer cette demande à sa place. Fernand, qui sait bien ce que cela implique de marcher en dehors des sentiers battus, a accepté et a demandé aux laboratoires Bio-recherche ltée une preuve de la non-toxicité du 714 X. Les résultats n'ont pas pu aider Jordi.

Fernand n'a rien pu faire non plus pour guérir Lise Roy, qui vient de succomber au cancer en janvier. La maladie de son ex-

compagne a cependant été l'occasion pour lui de se réconcilier avec son passé. Il est resté de longues heures à son chevet, cherchant par tous les moyens à adoucir ses derniers jours. Il a même confié à son ami le peintre François de Lucy, ancien décorateur de Niagara Films, le soin de réaménager la chambre de la malade. Le résultat fut surprenant. Des miroirs et des draperies de satin rose donnaient une impression de calme luxueux. Dans ce décor de cinéma, Fernand et Lise se sont remémoré les moments agréables de leur vie commune.

Ce regard sur le passé a été à la fois libérateur et pénible pour Fernand. Les



Avec Jean Rostand, en 1961.

vieilles rancœurs se sont dissipées, mais la mort de Lise lui a laissé un goût amer. Voir mourir ses amis, c'est aussi se retrouver face à soi-même, face à sa propre mort. C'est à la fois l'occasion de réfléchir sur sa vie et d'anticiper son départ. Pour Fernand, la mort de l'autre est donc devenue le miroir de la sienne. Il a vécu, autant avec Jordi qu'avec Lise, des moments d'angoisse devant l'inéluctable. Il a ressenti avec eux la paix de l'abandon. Aussi, lorsqu'il est question d'une émission sur le cancer, ce sont des souvenirs de souffrance et d'émotions intenses qui lui viennent à l'esprit, beaucoup plus que des images de laboratoire et d'éprouvettes, ce dont le petit écran est déjà saturé.

Son expérience lui a appris à se fier à ses intuitions. Il a le goût de produire une émission qui touchera le cœur des téléspectateurs. Il est temps, se dit-il, de dépouiller le cancer de sa connotation scientifique pour toucher l'être humain. Gardant en mémoire son expérience person-

nelle auprès de gens atteints, il réalise que les véritables préoccupations des gens ne sont pas de l'ordre du microscope. Elles prennent plutôt la forme de questions telles que celles-ci : « Le cancer est-il une maladie récente ? Pourquoi y en a-t-il davantage aujourd'hui ? Combien de malades guérissent vraiment ? Quels sont les liens entre la pollution et le cancer ? Comment une cellule devient-elle cancéreuse ? Quelles sont mes chances de ne pas mourir du cancer ? » Il a bien l'intention d'apporter des réponses.

Il décide d'innover et d'aborder le sujet sous l'angle psychologique, le plus susceptible, à son avis, d'atteindre les téléspectateurs. La crainte du cancer, de la douleur, de la mort sera au cœur de son reportage. Nul doute que ce qui le touche le plus lui-même saura atteindre les gens. Il convainc ses collaborateurs de suivre une patiente au jour le jour, à travers sa maladie et ses contacts avec la médecine. Il l'a choisie française, pour éviter toute identification avec le monde médical d'ici.

Le tournage en France, aux États-Unis et au Canada lui fait revivre des moments douloureux. La femme qui décrit son expérience devant la caméra pourrait tout aussi bien être son amie, sa collègue, sa voisine. La malade raconte sa souffrance, son angoisse, son sentiment d'aliénation à l'égard de l'appareil médical. Fernand est lui-même bouleversé et il arrive à transmettre

son émotion au téléspectateur tout en trouvant une manière originale d'expliquer la complexité de la maladie. Plutôt que de visiter des laboratoires et d'interroger des chercheurs, il a décidé de recourir à une analogie d'une simplicité enfantine mais qui fait un grand effet. Avec entre les mains un gros sac de pâtes utilisées pour la soupe à l'alphabet, il ouvre l'émission en déclarant : « Il y a là-dedans des chiffres et des lettres. Alors, imaginez que vous êtes dans une ville étrangère. Vous devez reconstituer avec ces éléments le nom et le numéro de téléphone de tous les gens qui habitent dans cette ville. Cela va être très difficile. Or, la complexité du cancer est au moins de cet ordre-là. »

Tout en reconnaissant que certaines réalités scientifiques ne sont tout simplement pas accessibles à des profanes, Fernand a atteint son but et peut être fier du résultat. Cette seule émission a touché plus de gens que ne l'aurait fait toute explication savante. ●



### Supplément détachable

# Le Guide des vacances Québec Science

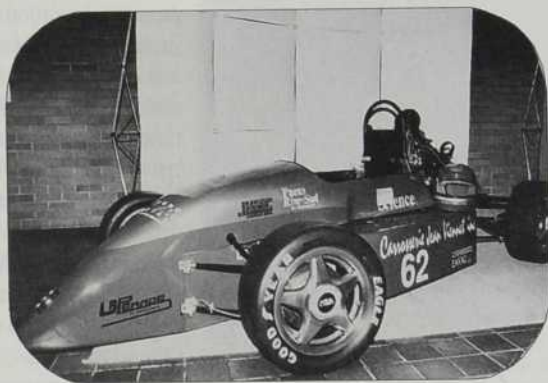
Ce guide touristique unique recense les meilleurs sites et activités pour vous permettre de découvrir le Québec tout en enrichissant vos connaissances. Les parcs, les zoos, les sites privilégiés d'observation de la faune, les visites guidées, les musées, les industries sont répertoriés et décrits pour vous par l'équipe de *Québec Science*. Plus : les aspects méconnus du Saint-Laurent, la vie qui l'anime et les découvertes qu'il réserve, du lac Saint-Pierre jusqu'au Golfe. Un outil précieux pour tous les curieux qui planifient leurs vacances, seuls ou en famille.



## Les dinosaures canadiens

En juin, *Québec Science* vous emmène dans la vallée des dinosaures, en Alberta. Découvrez ces animaux d'un autre âge : certains sprintaient comme des autruches, d'autres chargeaient comme des éléphants... alors que quelques-uns n'étaient pas plus gros que des dindons.

## Un prototype d'envergure par des étudiants



Les 19, 20 et 21 mai, aura lieu, à Détroit, la compétition nord-américaine "The Annual SAE Student Design Competitions". Des étudiants en génie mécanique de l'université Laval y participent avec un véhicule de course de type "Formule" qu'ils ont conçu et préparé. La voiture, d'une cylindrée maximale de 600 cc, doit répondre à diverses normes établies par la SAE. Au plan dynamique, les véhicules sont jugés sur l'endurance, la manoeuvrabilité, la tenue de route, l'accélération et la consommation d'essence. Au plan statique, l'évaluation porte sur le design, l'exposé de présentation et l'analyse de coûts pour une éventuelle production de 1 000 véhicules par an. Le club Formule SAE de l'université Laval tient à remercier ses généreux commanditaires: Club optimiste de Ste-Anne-de-la Pérade inc., Excavation Jean Leclerc, les Frères du Sacré-Coeur, Garage Jean Viennet, Grand Prix Player's ltée de Trois-Rivières, l'Aviateur, La Pérade Ford Mercury, Pneus Rive-Sud, Québec Sciences, Quéro Métal et tous ceux qui, de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce projet.

Pour tous renseignements ou commandite communiquer par écrit à:

**Formule  
1994SAE**

Formule SAE  
Département de Génie Mécanique  
Pavillon Pouliot, Casier 49  
Cité Universitaire, Québec  
G1K 7P4



**UNIVERSITÉ  
LAVAL**  
Québec, Canada

# Le temps est une flèche

Newton, Einstein et Hawking se trompent. Ilya Prigogine, Prix Nobel de chimie, soutient que le temps est une flèche qui ne peut inverser sa direction. Rencontre avec l'un des plus grands penseurs de la science.

par Danielle Ouellet



Laurent Leblanc

**L**a mécanique de Newton, la relativité d'Einstein et la cosmologie de Hawking tiennent pour acquis que le temps a une direction réversible : leurs équations ne font pas de différence entre le passé et le futur, et fonctionnent aussi bien dans un sens que dans l'autre. Selon les lois fondamentales de la physique sur lesquelles des générations de physiciens ont travaillé, la trajectoire d'une automobile qui avance

devient simplement négative quand le véhicule recule, et des forces inversées feront monter un corps qui tombe.

Tout cela est incomplet, pense Ilya Prigogine. Dans la vraie vie, remarque-t-il, une graine peut se transformer en fleur, mais jamais une fleur ne régressera pour redevenir la graine qu'elle était. Considéré comme l'un des plus grands penseurs de la science, il réintègre le temps en physique : il n'est plus possible, pour lui, de nier la

**N**é à Moscou en 1917, Ilya Prigogine a passé la majeure partie de sa vie en Belgique. Il dirige l'Institut E. Solvay de l'Université libre de Bruxelles et le Center for Studies in Statistical Mechanics, Thermodynamics and Complex Systems à l'Université du Texas à Austin. Plus de 25 universités à travers le monde lui ont décerné des doctorats honorifiques. Le prix Nobel qu'il recevait en 1977 soulignait sa remarquable contribution à la thermodynamique. Plus récemment, en 1989, il était annobli par Sa Majesté le Roi de Belgique et recevait le titre de vicomte. Il est l'auteur de deux best-sellers internationaux, *La nouvelle Alliance* et *Entre le temps et l'éternité*.

flèche du temps, d'autant plus que nous la ressentons si fortement dans nos vies. Il va plus loin et propose même de réconcilier ces deux visions du monde.

Contrairement à ses travaux en thermodynamique, universellement reconnus et récompensés du Nobel de chimie de 1977, ses idées sur la flèche du temps ne font pas l'unanimité chez les scientifiques. Ilya Prigogine a bien voulu les expliquer à *Québec Science*.

**Québec Science :**  
À quand remonte votre intérêt pour le temps ?

**Ilya Prigogine :**  
Je me suis toujours intéressé à l'histoire, à la musique et à l'archéologie, où l'élément temporel est très important. C'est vraiment par hasard, dans l'atmosphère d'avant-guerre, que j'ai choisi les sciences. L'inquiétude et l'incertitude régnaient. On pensait qu'il valait mieux choisir un métier scientifique, plus in-

ternational, que des activités de luxe comme l'archéologie ou la musique.

J'ai été un peu surpris, en entrant à l'université, de constater que les lois fondamentales de la physique étaient des lois intemporelles dans lesquelles le futur jouait le même rôle que le passé. Dans les équations de la mécanique classique de Newton, qui décrivent le phénomène de la gravitation, mettre un signe positif ou négatif ne change rien au déroulement de



Normand Bastien

l'événement. Pour Einstein, le temps n'était qu'une illusion. Plus récemment, Hawking s'inscrivait dans la même ligne de pensée. Il parle d'un temps imaginaire, ce qui signifie spatialiser le temps, le rendre semblable à une dimension géométrique. Curieusement, son livre *Une brève histoire du temps* est une histoire de la négation du temps.

Mon professeur Théophile De Donder, de l'Université de Bruxelles, s'intéressait à la thermodynamique. Or, la thermodynamique, c'est la science évolutive par excellence, c'est la première image évolutive du monde. Et l'entropie, c'est la flèche du temps. (Voir l'encadré sur la thermodynamique et l'entropie.)

À cette époque, les travaux en thermodynamique étudiaient essentiellement les phénomènes d'équilibre. Un système évolue, disait-on, mais il évolue vers l'équilibre. Un café chaud posé sur une table

n'était donc un sujet d'étude valable, pour la physique, qu'au moment où le café atteignait un point d'équilibre, soit la température ambiante. On disait que la thermodynamique n'est intéressante que lorsqu'elle étudie les phénomènes à leur point d'équilibre, que le reste n'est que du verbiage. Or l'équilibre n'a pas de flèche du temps.

Mon maître De Donder pensait au contraire que l'évolution d'un système est

tout aussi importante. Il avait développé une méthode qui permettait de s'écarter un peu de la situation d'équilibre et de considérer l'équilibre comme un cas particulier du non-équilibre. J'ai ensuite voulu pousser plus loin ses travaux sur l'application de la thermodynamique aux phénomènes de non-équilibre.

C'était une approche très nouvelle, et aussi très combattue, parce que cela ne correspondait pas à la vision habituelle.

**Québec Science :** Pour le commun des mortels, il semble pourtant évident que le temps a un rôle à jouer dans la nature, dans l'évolution des systèmes. Pourquoi cette approche était-elle décriée ?

**Ilya Prigogine :** Parce que l'idéal de la science était d'atteindre la certitude, et que la certitude s'exprime par des lois déterministes et réversibles dans le temps, comme la loi de Newton. En réalité,

Newton a donné la première formulation mathématique d'une idée qui remonte, je crois bien, à Descartes. Dans un monde ravagé par les guerres de religion, dans un monde malheureux, Descartes rêvait de certitudes acceptables par tous, catholiques, protestants ou autres. Cet idéal de certitude se retrouve aussi dans les deux grandes révolutions du 20<sup>e</sup> siècle, la relativité et la mécanique quantique.

Un tel idéal de certitude conduit au dualisme cartésien, c'est-à-dire à une vision divisée de l'Univers. Il y a d'une part les événements qui obéissent aux lois fondamentales, réversibles dans le temps, comme celle de la chute des corps de Newton. Mais si vous voulez appliquer les lois fondamentales à la vie, par exemple, qui présente évidemment une flèche du temps, vous obtenez un système tellement complexe qu'il vous donne l'apparence de l'irréversibilité. La physique actuelle oublie que l'Univers n'est pas seulement un passage vers le désordre, c'est aussi un passage vers le cohérent.

Elle néglige la moitié de l'Univers, celle qui nous intéresse le plus.

**Québec Science :** Vous dites qu'Einstein s'inscrit dans cette ligne de pensée qui conduit au dualisme cartésien.

**Pourtant, ne recherchait-il pas l'unité ?**

**Ilya Prigogine :** Il recherchait l'unité dans un sens plus technique, entre le champ électromagnétique et la gravitation. Mais il ne recherchait pas l'unité de l'Homme et de la nature. C'est tout à fait étranger à sa pensée. Pour lui, la science devait dépasser le complexe, le tragique de l'existence. Dans une certaine mesure, cette tradition de la certitude hors de la vie est une tradition pessimiste. En morcelant les phénomènes pour les étudier et les décrire, la science classique a créé la division.

**Québec Science :** Était-il nécessaire jusqu'à maintenant d'adopter une telle vision divisée de l'Univers pour faire de la science ?

**Ilya Prigogine :** Les résultats de cette approche typiquement occidentale sont

## Thermodynamique et entropie

**T**out le monde comprendra que du lait froid mélangé à du café chaud évoluera rapidement pour devenir un café au lait un peu moins chaud et que, laissé à lui-même, ce mélange ne redeviendra jamais à son état initial de lait froid et de café chaud séparés. La thermodynamique est la partie de la physique qui s'intéresse à ce genre d'échanges de chaleur.

L'un de ses principes fondamentaux veut que les systèmes évoluent vers une entropie maximale, c'est-à-dire vers un désordre toujours croissant. Reprenons cet exemple de lait et de café. Imaginons que les molécules qui composent le lait sont de grosses billes et que celles qui composent le café sont de petites billes. Imaginons également que ces billes ont une particularité bien spéciale : froides, elles prennent la couleur bleue; chaudes, elles deviennent rouges. En ajoutant de grosses billes bleues à un sac de petites billes rouges et en brassant suffisamment longtemps, on obtiendra un mélange de petites et grosses billes plus ou moins mauves. Le système était d'abord ordonné : les grosses billes bleues étaient séparées des petites billes rouges. Puis, il a évolué vers un désordre maximal. Cette évolution vers le désordre est ce qu'on appelle l'entropie. Même en brassant très longtemps le sac de billes, elles ne se sépareront jamais d'elles-mêmes en grosses billes bleues et en petites billes rouges.

La physique quantique voit les choses autrement. En théorie, il n'est pas impossible que le lait froid se sépare à nouveau du café chaud... à condition qu'on laisse suffisamment de temps au système. Et en physique quantique, « suffisamment de temps » peut être plus long que l'âge de l'Univers.

De fait, tout dépendrait de l'évolution de l'Univers. Après la longue phase d'expansion qui suit le Big Bang, il est possible que l'Univers commence une phase d'implosion. Plusieurs physiciens quantiques, Hawking en tête, croient que le temps pourrait s'inverser au cours de cette phase d'implosion. En d'autres termes, le lait froid pourrait spontanément se séparer du café chaud. C'est ce que Ilya Prigogine appelle « nier la flèche du temps ». Il rappelle qu'il n'y a pas que des systèmes qui évoluent vers le désordre, il y a aussi des systèmes qui évoluent vers une plus grande organisation, ne serait-ce que les cellules qui deviennent un être humain.

Pour en savoir plus sur ces concepts, nous vous suggérons la lecture d'*Une brève histoire du temps*, de Stephen Hawking, ou de *Qui êtes-vous mister Hawking ?*, édité par Stephen Hawking. Ces livres sont destinés au grand public.

évidents, car elle permettait d'étudier des systèmes simples, comme la chute d'un corps.

La science chinoise a procédé différemment. Elle a certes obtenu des résultats magnifiques, notamment la découverte du champ magnétique. Mais elle n'a pas conduit à cette relation que nous faisons entre le modèle théorique et la vérification expérimentale. Les Chinois voyaient la complexité du monde, et cette vision les empêchait de trouver des lois quantitatives. Il ne leur serait pas venu à l'idée de jeter une pierre et de mesurer son trajet avec une montre. Cela n'avait aucun intérêt : un jour elle tomberait rapidement, un autre jour moins vite, en fonction du degré d'humidité, de la température ou du vent. Pour eux, l'Univers est un tout, il est inutile de le décomposer.

Notre science est née, par contre, de l'idée que dès que l'on connaîtra le plus petit, l'élémentaire, la trajectoire, la fonction d'onde, on pourra comprendre les choses. Même la vie.

**Québec Science :** Y a-t-il un espoir de réconciliation entre l'irréversibilité, où la flèche du temps joue un rôle, et les lois fondamentales qui nient cette flèche du temps ?

**Ilya Prigogine :** Deux découvertes mathématiques permettent d'essayer de réconcilier le temps avec les lois fondamentales.

La première est la non-intégrabilité démontrée par Poincaré en 1889, dont on n'a compris les conséquences que récemment. Sans entrer dans les détails mathématiques, elle implique qu'il existe des systèmes dont on connaît l'équation mais dont la trajectoire devient aléatoire. Pensez, par exemple, au « décalage de Bernouilli » : prenez n'importe quel nombre entre 0 et 1, multipliez-le par deux et chaque fois que le résultat dépasse 1, enlevez l'unité et recommencez : 0,11; 0,22; 0,44; 0,88; 0,76; 0,52; etc. Un système déterministe peut donc créer un monde aléatoire. Il s'agit d'un premier échec de la théorie newtonienne.

La seconde découverte qui réconcilie le temps et les lois fondamentales est celle du chaos dynamique et partiellement patif. Cette découverte signifie qu'il n'existe pas que des systèmes intégrables, c'est-à-dire dont l'évolution est prévisible, mais aussi des systèmes dont on ne peut prévoir l'évolution.

**Québec Science :** C'est donc dire que les lois fondamentales ne sont pas suffisantes pour décrire le monde... Il y aurait une limite à réduire, à décomposer en parties : il faut aussi tenir compte du temps ?

**Ilya Prigogine :** On ne peut plus réduire le monde complexe à une trajectoire. Il faudra donc mathématiser le temps, c'est-à-dire établir des lois fondamentales généralisées. Nous arriverons alors à une vision qui unifie vraiment notre Univers. La vision à laquelle nous aboutissons est un peu une combinaison de l'Orient et de l'Occident : nous voulons mathématiser et quantifier comme Newton, mais nous voulons aussi voir les choses globalement et non pas découpées en petits morceaux. ●

## Le sang jaune

Le sang jaune de Bombardier, la gestion de Laurent Beaudoin, par Miville Tremblay, Presses de l'Université du Québec, Presses HEC, Québec, 1994, 132 pages.



« Quand on se coupe, on saigne jaune. » Le jaune moutarde des premières motoneiges Ski-Doo. C'est ainsi que les vieux employés de l'usine Bombardier à Valcourt ont l'habitude de s'exprimer, indiquant « leur appartenance et leur fidélité » à l'entreprise. L'auteur du *Sang jaune de Bombardier*, Miville Tremblay, MBA et journaliste à *La Presse*, présente des morceaux choisis de l'histoire à succès d'une entreprise québécoise. Le pivot de son récit, Laurent Beaudoin, est à la

fois le beau-fils de Joseph-Armand Bombardier et son héritier à la tête de l'entreprise depuis 1964. Il n'a alors que 26 ans, et le marché de la motoneige est extrêmement prometteur. Miville Tremblay retrace son œuvre, ses audaces, ses difficultés, ses échecs. La technologie n'est pas la seule clé de la réussite, il faut aussi un solide sens des affaires. L'ouvrage, court et écrit en toute simplicité, réussit à rendre vivant un sujet plutôt rébarbatif au départ.

Danielle Ouellet

La notoriété de Laurent Beaudoin dépasse les frontières du Québec... et de l'industrie du transport terrestre. *Aviation Week & Space Technology*, auquel se réfèrent tous les professionnels de l'industrie aérospatiale, a abondamment vanté l'administrateur québécois dans son édition du 24 janvier dernier.

Le magazine spécialisé rappelle à ses lecteurs que Laurent Beaudoin a mis sur pied, entre 1986 et 1992, un véritable géant — le groupe aéronautique de Bombardier vaut aujourd'hui 2,5 milliards de dollars. En faisant l'acquisition successive des firmes Canadair, Short Brothers, Learjet et de Havilland, il a « non seulement démontré sa maîtrise de l'art de faire des acquisitions, mais également son talent pour sortir du pétrin des entreprises en difficulté », estiment les rédacteurs. « Trouver une valeur sous-utilisée dans l'organisation Bombardier demanderait beaucoup d'efforts ! » écrivent-ils.

Claude Lafleur

## Prélude à l'été

Fougères, prêles et lycopes, Guide d'identification Fleurbec, Fleurbec, auteur et éditeur, Québec, 1993, 512 pages, 36,95 \$.

Quoi de plus agréable qu'une promenade printanière en forêt, surtout après un hiver aussi rigoureux que le nôtre ? Ce guide, *Fougères, prêles et lycopes*, vous la rendra encore plus exquise. Il s'agit d'un petit livre tout à fait délicieux, abondamment illustré de photographies en couleurs des multiples espèces de fougères et de leurs parentes, les prêles et les lycopes. Très différentes des autres plantes, elles ont notamment en commun leur absence totale de fleurs. Elles re-

présentent « les premiers pas, les premières tentatives de la vie végétale dans le sens de la diversification des racines, des tiges et des feuilles », et viennent tout juste après les mousses dans l'échelle de l'évolution. Chaque plante est décrite avec force détails, sous une plume à la fois légère et érudite, souvent humoristique.

Des encadrés en marge des textes agrémentent la lecture en présentant l'histoire de l'utilisation de certaines plantes, ou même des légendes les concernant. Ainsi, la fougère-

aigle commune aurait été condamnée par Dieu à ne plus fleurir après qu'elle n'eut pas, comme les autres plantes de la crèche, offert ses plus belles fleurs pour la Nativité. On lui attribue par contre la médaille d'honneur pour services rendus à l'humanité : ses feuilles, attachées au sac à dos d'un campeur, feraient fuir les moustiques, tandis qu'on en fait du papier en Angleterre et en Malaisie, des cordages au Japon et des cordes de violon à Bornéo !

De nombreuses cartes indiquent la fréquence des différentes plantes en Amérique du Nord. Pour plus de précision, les auteurs ont ajouté un glossaire et une échelle graduée qui aide à lire les cartes. Un répertoire des plantes curatives

permet de trouver rapidement celle qui vous sera utile, paraît-il, pour soigner une bronchite, une hémorragie, l'incontinence urinaire, la toux et même les douleurs menstruelles. Le souci du détail n'enlève rien à la simplicité de l'exposé. À lire absolument, vous vous délecterez.

D. O.



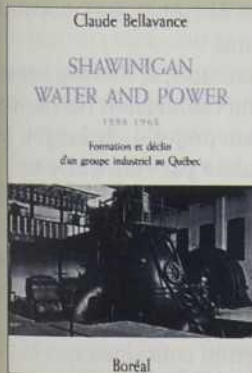
## Quand l'électricité était privée

Shawinigan, Water and Power, 1898-1963. Formation et déclin d'un groupe industriel au Québec, par Claude Bellavance, Boréal, Montréal, 1994, 448 pages.

Ce livre paraît à point, juste à temps pour le cinquantième anniversaire de l'existence d'Hydro-Québec, célébré en 1994. Il faut dire que, pendant des années, les activités de la société d'État et de la Shawinigan, Water and Power ont été étroitement liées. L'auteur, profes-

seur d'histoire économique du Québec à l'Université du Québec à Trois-Rivières, effectue une étude détaillée de l'évolution de cette entreprise pionnière. Son histoire se confond avec celle de l'électricité au Québec, et l'ouvrage de Claude Bellavance y ajoute un volet inédit.

D. O.



par Danielle Ouellet

## Isaac Newton Le dernier des magiciens

Étude des textes bibliques, recherche d'un langage universel, travaux d'alchimie... Isaac Newton ne s'intéressait pas qu'à la physique et aux mathématiques.

**I**saac Newton a détruit la plupart de ses textes personnels. Sauf quelques manuscrits, qui ont été conservés dans une malle que ses héritiers se sont transmise pendant plus de 250 ans. En 1936, on ouvrait la malle. Elle contenait beaucoup de choses étonnantes sur Newton. En fait, des historiens ont vu en Newton à la fois le premier des physiciens

et le dernier des magiciens. Esprit curieux, notre célèbre Anglais était aussi un théologien passionné et un alchimiste convaincu. Si certains textes à caractère scientifique ont été, par la suite, régulièrement édités par ses descendants, plusieurs autres ne sont toujours pas publiés. C'est le cas de milliers de pages consacrées à la théologie et à la chronologie, dont la majeure partie se trouve aujourd'hui à l'Université de Jérusalem, en Israël. Quant à ses travaux alchimiques, qui comptent environ un demi-million de mots, la plupart sont aujourd'hui gardés à l'Université de Cambridge, en Angleterre.

Pourquoi Newton a-t-il dissimulé ses manuscrits ? Louis Verlet, physicien théorique, philosophe et historien des sciences, voit dans le « bouclage de la malle » par Newton la création de la frontière essentielle qui a permis à la science moderne d'émerger. « La science s'est constituée et développée à partir de la fermeture de la

malle, en excluant et en disqualifiant son contenu », écrit-il dans son récent ouvrage intitulé *La malle de Newton*. En somme, soutient-il, Isaac Newton a mis de côté ses réflexions théologiques, religieuses et alchimiques pour que sa théorie de la gravitation universelle et son écriture mathématique puissent vivre.

Un des carnets sauvegardés nous apprend que Newton s'est voué à l'élaboration d'un « langage universel ». Le sujet était alors à la mode. En effet, le latin perdait de plus en plus de popularité au profit de langues parlées plus couramment par le peuple, mais peu adaptées aux concepts nouveaux et complexes des scientifiques. Plusieurs d'entre eux cherchaient donc à élaborer un langage plus précis qui correspondait mieux aux nouvelles réalités. Certains proposaient l'utilisation de symboles, comme les idéogrammes chinois, mais d'autres, comme Newton, voulaient créer un langage tout à fait original où chaque terme découlerait directement des propriétés de l'objet nommé.

Toutefois, si Newton comprend rapidement les limites de son projet — la langue ne se laisse pas construire de manière absolue —, son intérêt linguistique se retrouve sous diverses formes dans son œuvre. Notamment, dans son étude du langage mystique. En effet, convaincu que les mots des prophètes ont un



sens, malgré leur hermétisme, il est résolu à le découvrir : « Si l'on devait ne jamais les comprendre, à quelle fin Dieu les aurait-il révélés ? » note-t-il. Il pose donc comme hypothèse que Jean, Daniel, Isaïe et les autres s'expriment tous dans un langage commun. Pour chacune des expressions ou des figures de style qu'ils utilisent, Newton décide de fixer une signification « certaine et définitive ». Pendant 50 ans, il s'emploie à traduire des textes bibliques et de nombreux autres à la lumière du code qu'il a mis au point.

La conclusion de Newton est sans équivoque : le message du langage mystique est politique. Et, selon lui, les prophètes ont de tout temps annoncé les événements de l'histoire de l'humanité. Son interprétation scientifique des prophéties, à partir desquelles il produira un dictionnaire, lui révèle même la fin du monde toute proche.

Outre la parole des prophètes qu'il interprète et le langage mathématique qu'il met au point pour sa théorie de la gravitation, Newton applique la linguistique à ses travaux d'alchimie. L'alchimie n'est, pour lui, qu'une autre manière de décoder la nature.

Les alchimistes ont sa faveur et il en rencontre régulièrement, en secret, à Londres. Il n'échappe pas au rêve de produire un « mercure philosophal qui permettrait de dissoudre tous les métaux, y compris l'or ». Chaque jour, il observe différents phénomènes alchi-



miques qu'il reproduit avec une fascination toujours renouvelée. Seulement, de ses fourneaux s'échappent des vapeurs extrêmement toxiques d'antimoine et de mercure qu'il respire quotidiennement pendant des semaines, au point

que des analyses récentes de ses cheveux font état d'un taux de mercure de 10 à 40 fois plus élevé que celui d'un homme d'aujourd'hui.

Mais la fameuse malle reste muette sur la période de sa vie qui est la mieux connue : l'anecdote de la pomme. En 1666, réfugié chez sa mère dans le Lincolnshire, dans le nord-est de l'Angleterre, loin de la ville où sévissait la peste, Isaac Newton se promène dans un verger. Un pomme tombe d'un arbre. Illumination ! Et si la force qui attire la pomme vers la Terre était de même nature que celle qui s'exerce entre la Lune et la Terre ? se demande-t-il. Newton formule par la suite sa loi sur la gravitation universelle, jetant ainsi les bases d'une véritable révolution scientifique. Mais cette histoire de pomme que Newton se plaisait à raconter à la fin de sa vie, l'aurait-il inventée de toutes pièces ? Peut-être. Nous ne le saurons probablement jamais. ●

*Danielle Ouellet est docteure en histoire des sciences.*

Pour en savoir plus : **La malle de Newton**, par Louis Verlet, Éditions Gallimard, 1993, 488 pages.



## LES DÉBROUILLARDS

LE MAGAZINE DRÔLEMENT SCIENTIFIQUE  
DES 7 À 14 ANS

vous propose en mai :

**Les olympiques des robots-araignées**  
Alexis, un robot québécois à quatre pattes, affronte une dizaine de robots-araignées américains à Pittsburgh.

### Station Berri-Uqam

Coup d'œil inusité sur la station de métro Berri-Uqam, où passent chaque jour 1440 trains transportant 180 000 personnes.

### Mystérieux naufrages

Seuls ou en groupe, des mammifères marins s'échouent sur les côtes. Pourquoi ?

### À l'heure solaire

Fabrique un cadran solaire de poche !

### Mon Amie Scientifique

Casque bleu, épais manteau vert et bottes à haute sécurité, Christine Brochu assiste à une coulée d'aluminium. Portrait d'une ingénieure-métallurgiste.

### En plus :

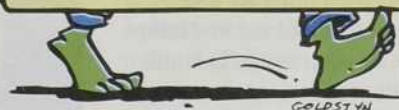
Des expériences amusantes à faire à la maison, des concours, des jeux, des fiches à collectionner, des bandes dessinées, la rubrique des correspondants et plus. 52 pages de découvertes !



Les Débrouillards est en vente dans tous les dépanneurs des chaînes Proprio et Provi-Soir, ainsi que dans les bonnes librairies, au prix de 2,95 \$.

Pour s'abonner (1 an, 10 numéros, 26 \$) s'adresser à :

Magazine Les Débrouillards  
25, boul. Taschereau, bureau 201  
Greenfield Park (Québec) J4V 2G8  
Commande téléphonique (carte de crédit indispensable) : (514) 875-4444.



par Raynald Pepin

# Oh! le bel arc-en-sol!

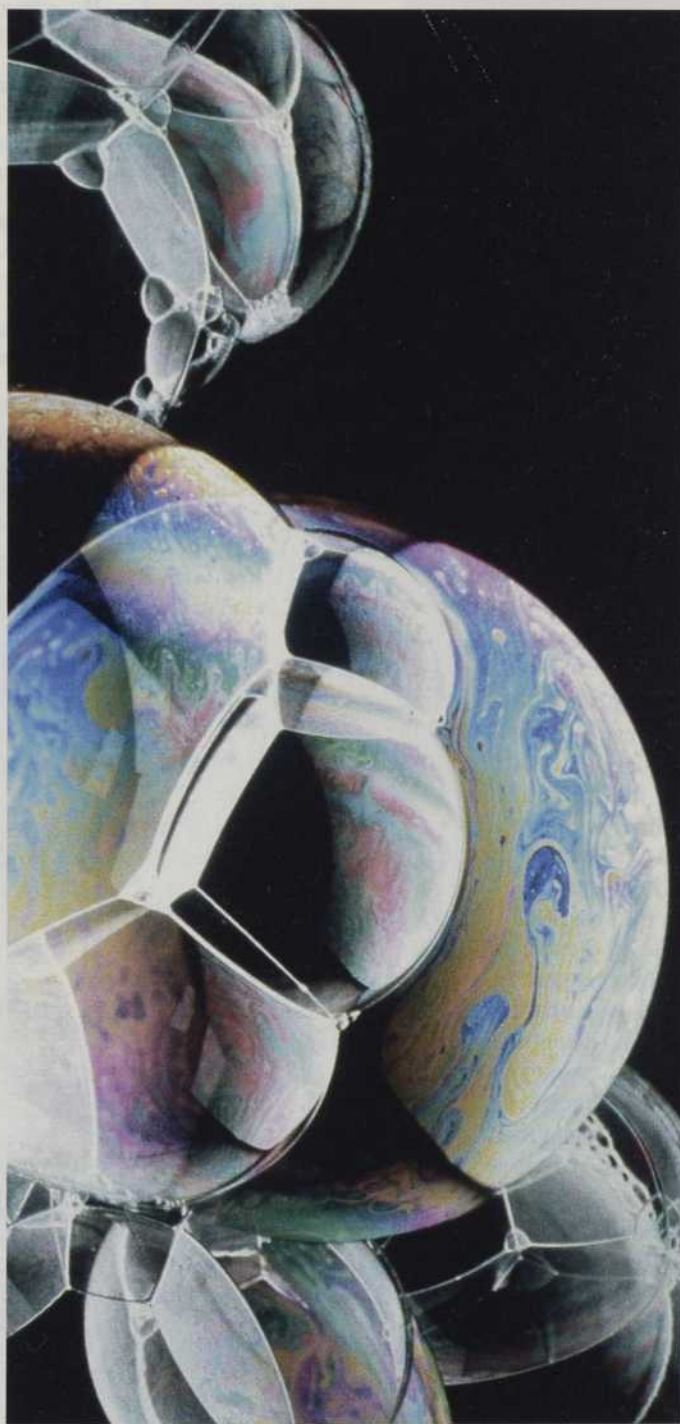
La science d'une flaque d'huile et d'eau permet la fabrication de nouveaux billets de banque.

**A**près une ondée, on peut parfois — avec un peu de chance et du soleil — apercevoir un délicieux arc-en-ciel flottant dans l'azur. Mais aussi, il est facile d'observer un « arc-en-sol », une flaque d'eau irisée. Ces belles couleurs annoncent la présence d'huile sur l'eau. Une pollution. Pas trop poétique, hein ?

La présence des couleurs résulte d'un phénomène appelé, en physique, interférence. Une interférence se produit chaque fois que des ondes de même fréquence se superposent. Les ondes lumineuses peuvent alors « s'additionner » ou se « soustraire », ce qui change l'intensité ou la couleur de la lumière. Ce phénomène donne lieu à quelques applications, comme les enduits antireflets des verres fumés et, plus récemment, les vignettes de sûreté accolées aux billets de banque.

Examinons d'abord un cas simple. Le schéma représente une couche d'huile d'épaisseur uniforme (dans le vrai monde, l'épaisseur peut varier). Cette couche d'huile est éclairée par une lumière ne comprenant qu'une seule couleur (la lumière solaire, elle, contient toutes les couleurs).

Ce qui suit nécessite un peu de... réflexion. On dira que la lumière est réfléchi lorsqu'elle rebondit sur une interface, un peu comme la lumière qui nous revient d'un miroir. En arrivant à l'interface



air-huile, les rayons lumineux A et B sont ainsi partiellement réfléchis sur la surface d'huile, formant les rayons réfléchis  $A_1$  et  $B_1$ . Lorsque la lumière traverse l'interface, on dira plutôt qu'elle est réfractée, ce qui en change la direction. C'est à cause de la réfraction qu'un bâton planté dans l'eau semble plié vis-à-vis la surface de l'eau. Dans le schéma, le rayon transmis A est réfracté dans l'huile; il devient alors le rayon  $A_2$ .

Remarquez que ce rayon sera à son tour partiellement réfléchi sur l'interface huile-eau, formant ainsi le rayon  $A_3$ , et partiellement réfracté dans l'eau, formant le rayon  $A_5$  (ce dernier rayon sera ensuite absorbé par l'asphalte). Le rayon  $A_3$  sera à nouveau réfracté en traversant l'interface huile-eau, formant le rayon  $A_4$ . Ce n'est pas fini ! Le rayon  $A_3$  sera aussi réfléchi sur cette interface; c'est le rayon  $A_6$  de notre schéma. Ce rayon sera à son tour réfléchi, réfracté, réfléchi, réfracté... Quand tout cela arrête-t-il ? En pratique, assez vite, car l'intensité lumineuse décroît à chaque étape.

Supposons maintenant que vous êtes au-dessus de la flaque d'huile. Deux rayons lumineux,  $B_1$  et  $A_4$ , se dirigent vers votre rétine. Ces deux ondes interfèrent, mais l'effet de l'interférence dépend du décalage entre les ondes.

Si le décalage est égal à un nombre entier de longueurs d'onde (égal à une fois, deux



fois, trois fois la longueur (l'onde), on dit que les ondes sont en phase. L'interférence est alors constructive : les ondes « s'additionnent » et l'onde résultante est plus intense que chacune des deux ondes originelles. Cela se produit lorsque le film d'huile correspond par exemple à l'épaisseur d'une demi-longueur d'onde : l'aller-retour dans l'huile provoque un retard d'une longueur d'onde.

Mais si les ondes  $B_1$  et  $A_4$  sont décalées d'une demi-longueur d'onde, plutôt que d'une longueur d'onde, les maximums d'une onde se superposent aux minimums de l'autre onde : les deux ondes s'annulent. Si les ondes sont identiques et que le décalage est parfait, la lumière disparaît ! On dit alors que l'interférence est destructive, car l'interférence des deux ondes engendre une onde moins intense que les deux ondes initiales. C'est ce qui arrive lorsque le film d'huile a l'épaisseur d'un quart de longueur d'onde : l'aller-retour dans l'huile provoque alors un retard d'une demi-longueur d'onde.

Si le décalage est différent des deux cas limites mentionnés, l'intensité de l'onde résultante est intermédiaire.

Et l'« arc-en-sol » ? La couleur d'une lumière, c'est tout simplement sa longueur d'onde. Si l'huile est éclairée avec de la lumière blanche, contenant toutes les couleurs, et donc toutes les longueurs d'onde, il est possible qu'une longueur d'onde donnée — une couleur — soit favorisée, alors qu'une autre est défavorisée, et cela avec une même épaisseur d'huile.

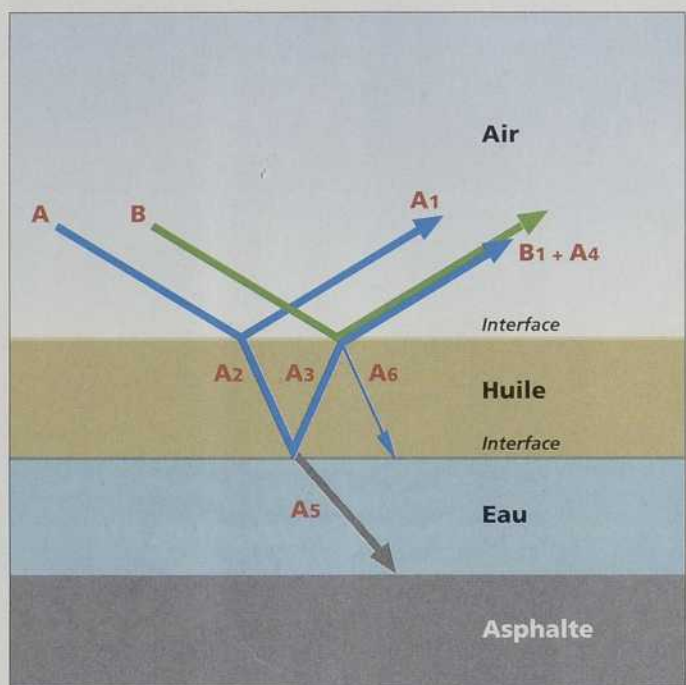
En choisissant l'épaisseur et les caractéristiques physiques de l'huile, il est donc possible de faire disparaître la lumière réfléchie dans une longueur d'onde donnée.

Les enduits antireflets pour les lentilles et lunettes exploi-

tent ce principe de l'interférence destructive. On conçoit généralement les enduits pour que la lumière jaune-vert, qui est la plus intense dans notre environnement, soit éliminée. Les autres couleurs restent partiellement réfléchies, car l'épaisseur des couches de l'enduit n'est pas parfaitement adaptée à ces dernières. La réflexion est d'autant plus grande que la couleur est éloignée du vert dans le spectre

tage la réflexion que si on n'avait qu'une seule couche. »

Parmi les matériaux utilisés, on retrouve le fluorure de magnésium et des oxydes inorganiques, déposés par évaporation sous vide. L'épaisseur des différentes couches peut aller de 10 à 300 nanomètres (milliardèmes de mètre). « Les réflexions sont éliminées jusqu'à ce qu'une proportion de seulement 0,1 % (pour le vert ou le jaune) à



visible. Sans un tel enduit, au moins 4 % de la lumière est réfléchie en passant de l'air au verre ou du verre à l'air. C'est gênant si, portant des lunettes, vous voulez mettre vos beaux yeux en valeur.

Comment élimine-t-on ces reflets ? Évidemment, on ne met pas d'huile sur une lentille, mais les fabricants de lentilles peuvent recouvrir le verre ou le plastique d'une mince pellicule qui joue le même rôle. « En général, les enduits antireflets sont constitués de plusieurs couches de différents matériaux », explique Rafiqul Alam, ingénieur chimiste chez Pro-Optics, une compagnie d'optique montréalaise. « On réduit ainsi davan-

0,5 % (pour le bleu ou le rouge) de la lumière incidente soit réfléchie », mentionne Rafiqul Alam.

L'autre facteur empêchant l'élimination totale de la lumière réfléchie est l'angle d'arrivée de la lumière. Plus la lumière arrive obliquement, plus la distance parcourue à l'intérieur de la couche mince augmente. L'interférence destructive complète se produit alors pour une longueur d'onde plus grande que celle éliminée à incidence normale.

Revenons à notre flaque d'eau huileuse. Les rayons que nous observons proviennent de différents points de la flaque. Ils ont été réfléchis à des angles divers et ont donc encouru

des décalages différents en passant dans l'huile. La couleur favorisée par interférence constructive varie donc selon la zone qu'on observe. D'où « l'arc-en-sol ». L'épaisseur variable du film influence aussi la répartition des couleurs.

La vignette de sûreté, dans le coin supérieur gauche des billets de 20, 50, 100 et 1 000 dollars canadiens, constitue une application concrète de ce jeu d'interférences. « La vignette est constituée de cinq couches minces où alternent l'oxyde de zirconium et l'oxyde de silicium », note William Murphy, conseiller scientifique à la Banque du Canada à Ottawa. Son épaisseur totale est d'environ 800 nanomètres. L'épaisseur des couches est choisie pour que la lumière réfléchie aux interfaces interfère constructivement dans le jaune-vert, une couleur facilement perçue.

Comme pour la flaque d'huile, la couleur de la lumière réfléchie par la vignette varie en fonction de l'angle. Ce dispositif, inventé au Conseil national de recherches du Canada, rend la contrefaçon beaucoup plus difficile. Et la vignette ne coûte que deux cents par billet !

Quant aux bulles de savon observées en lumière blanche, leurs couleurs sont également issues d'interférences. Ici, l'angle d'incidence de la lumière varie à cause de la sphéricité de la pellicule de savon. De plus, à cause de la gravité, l'épaisseur de la bulle varie de haut en bas, ce qui contribue aussi à engendrer des couleurs différentes.

Un dernier point. Pourquoi ces phénomènes n'apparaissent-ils que pour des couches minces ? C'est que, pour une couche épaisse, plusieurs longueurs d'onde très différentes peuvent interférer constructivement en même temps. La lumière réfléchie comporte alors plusieurs couleurs et apparaît blanche. ●

par Serge Larivée

# Science impure

Un politicien trop fêré de transparence et qui ne saurait magouiller ferait-il long feu ? Un homme d'affaires qui, à l'occasion, ne saurait cacher quelque profit pourrait-il tenir longtemps ? La logique du droit n'incite-t-elle pas les avocats plaideurs à tout mettre en branle pour gagner leur cause indépendamment, souvent, de la vérité objective ? Un groupe d'Inuit de la Colombie-Britannique ont d'ailleurs traduit le mot avocat par « celui qui ment pour nous ».

Par contre, que la fraude envahisse le monde de la science choque. À peu près tout le monde, les scientifiques y compris, attribue aux chercheurs la rigueur, l'objectivité et l'honnêteté. De fait, l'activité scientifique n'est-elle pas centrée sur la quête de la vérité en vue d'accumuler un savoir fiable ?

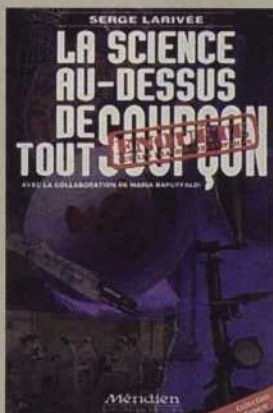
Certains vont s'empresser de voir un acte isolé chez le docteur Roger Poisson. Oncologue de l'hôpital Saint-Luc affilié à l'Université de Montréal, il est accusé d'avoir falsifié des

données lors de recherches sur un traitement du cancer du sein. Mais son cas n'est pas une exception. Depuis 1950, près de 170 fraudes scientifiques connues ont été recensées, dont 60 % proviennent du monde médical.

Les conséquences de la fraude scientifique sont plus ou moins graves selon le type de fraude et le domaine de recherche. Un plagiat a probablement un impact moins dom-



Bertrand Camière



mageable pour la communauté scientifique que la fabrication de données. De même, des résultats biaisés concernant l'efficacité d'un médicament risquent d'entraîner des conséquences sociales nettement plus

graves que la fabrication de données en géologie. Par exemple, des contrôles effectués par la Food and Drug Administration américaine ont déjà révélé qu'environ le quart des essais cliniques présentent de sérieuses lacunes quant à l'authenticité des données et la valeur des protocoles expérimentaux. Les rapports parfois litigieux entre la science et l'industrie pharmaceutique peuvent aboutir à la commer-

cialisation de produits dont la toxicité n'a pas été correctement évaluée. Dans ces cas, la santé des citoyens est littéralement prise en otage. Pas très rassurant.

Dans l'esprit de bien des collègues, seul un désordre de la personnalité peut expliquer un comportement frauduleux de la part d'un chercheur. Sans nier cette éventualité, je pense que la fraude scientifique découle plutôt d'une perversion

du fonctionnement de l'activité scientifique et, dans la majeure partie des cas, la compétence des chercheurs n'est pas en cause. Il faut rappeler que la recherche s'est transformée en véritable PME et que la compétition pour l'accès

aux ressources s'est sensiblement accrue. Dans la course indue qui s'ensuit pour obtenir des subventions de recherche ou pour pouvoir publier les résultats de travaux dans la meilleure revue scientifique, certains craquent. Afin de résoudre ce problème, le regroupement des chercheurs dans un secteur donné peut être judicieux.

Je suis même d'avis que ces chercheurs qui fraudent contribuent plus à sensibiliser le public au fonctionnement de la science que s'ils avaient passé le reste de leur vie à faire de la recherche honnête. En effet, une connaissance plus précise du revers le moins noble de l'activité scientifique pourrait assez paradoxalement occasionner moins de vénération béate à l'égard des scientifiques et provoquer chez les citoyens une attitude plus active et plus critique face à la recherche et à ses applications.

Je crains cependant que cette éventuelle attitude critique ne se retourne contre la science. En grugeant la crédibilité et la légitimité de la science, les fraudes scientifiques contribuent à l'essor des croyances de tout acabit. Il serait encore plus dommage que le terrain laissé vacant par la

recherche puisse alors être occupé par les tenants des « sciences » dites occultes qui véhiculent un discours anti-scientifique tout en exploitant sans vergogne la misère, la souffrance ou la naïveté des citoyens. ●

Professeur titulaire à l'École de psycho-éducation de l'Université de Montréal, Serge Larivée est co-auteur de *La science au-dessus de tout soupçon. Enquête sur les fraudes scientifiques*, publié aux Éditions du Méridien (Montréal, 1993).

Le magazine

# Québec Science

Fiable et passionnant !

## Toute l'actualité

Environnement, santé, énergie, éducation, communications, espace, biotechnologies, transports, innovations technologiques, recherche fondamentale au Québec et dans le monde.

Québec Science présente les faits, explique, met en perspective, avec les nuances nécessaires, pour aider à comprendre les grands enjeux de notre société.

À lire : reportages, entrevues, chroniques, dossiers fouillés, suppléments, illustrations détaillées.

Voulez-vous découvrir, en savoir plus, mieux comprendre ? Québec Science répond à vos questions, vous permet d'aller plus loin, jusque dans le futur.

**Abonnez-vous • Réabonnez-vous**  
**Économisez jusqu'à 30 %**

Cette offre expire le 31 août 1994.



**Abonnez-vous, réabonnez-vous et recevez**

**votre cadeau :**



**1 reliure pour un abonnement de deux ans**  
**2 reliures pour un abonnement de trois ans**

**OUI**

Je m'abonne à Québec Science

je me réabonne

1 an (10 nos) 34,67 \$ TTC

2 ans (20 nos) 59,86 \$ TTC

3 ans (30 nos) 83,20 \$ TTC

(Étranger, voir les tarifs en page 4)

Je vous demande de me faire parvenir (Allouez 4 semaines pour l'expédition)

La reliure (abonnement de deux ans)

Les deux reliures (abonnement de trois ans)

Nom

Prénom

Adresse

no

rue

app.

ville

province

code postal

téléphone

Profession

Chèque  Mandat-poste  Visa  MasterCard

Chèque ou mandat-poste à l'ordre de Québec Science

N° de carte

Date d'expiration

Signature

Numéro d'enregistrement de la TPS : R-1335-97427  
Numéro d'enregistrement de la TVQ : 1013609086

Détachez et expédiez à Québec Science  
C.P. 250,  
Sillery (Québec)  
G1T 2R1  
Tél.: (418) 657-4391  
Télex.: (418) 657-2096

# L'ENVIRONNEMENT EN TÊTE

*naturellement*



Les herbiers aquatiques de la baie James demeurent toujours l'aire de migration et de nidification privilégiée de la bernache du Canada.

**À** la Société d'énergie de la Baie James,

le souci de tenir compte des impératifs environnementaux remonte à plus de 20 ans,  
bien avant que ce sujet, toujours délicat, ne devienne à la mode.

**N**otre préoccupation de protéger l'environnement humain, faunique et floral dans le Moyen Nord québécois remonte à 1971, lorsque la SEBJ fut mandatée pour gérer les travaux d'aménagement des projets hydroélectriques du territoire de la Baie James. Et nous sommes fiers de ce que nous avons accompli depuis.

**R**ésultats : nous avons contribué au développement de l'énergie la plus propre qui soit, qui répond aux besoins énergétiques du Québec et qui fait l'envie de bien des pays.

**À** la SEBJ, la priorité de protéger l'environnement quel qu'il soit et notre expertise en matière de développement des richesses hydroélectriques du Québec vont de pair.

**IL N'Y A RIEN DE PLUS NATUREL.**



Société d'énergie de la Baie James