

Québec

L'intelligence des fourmis

Volume 34, numéro 10
Juillet-Août 1996, 3,95 \$

SPECIAL
Congrès de
l'Acfas

Science

DOSSIER
HUBBLE



L'ŒIL MAGIQUE DES
ASTRONOMES

Secrets

d'Amazonie

Mélatonine : trop

beau pour être vrai

Atlanta 1996

Dans les coulisses des Jeux olympiques

- Pourquoi ils sont champions
- La chasse aux tricheurs



7 73333 01994 9

Un magazine en santé

Il y a des jours où il n'y en a que pour Internet. Depuis un an et demi, *Québec Science* est au cœur de la popularisation de ce nouveau et puissant moyen de communication. Souvenez-vous : au début de 1995, nous étions le premier média québécois à ouvrir un site sur le W3. Puis, dans la foulée du succès de notre dossier sur Internet, publié en mars 1995, nous produisions à l'automne un premier guide pratique, suivi au printemps dernier d'un deuxième guide qui consignait les 500 meilleurs sites.

Les résultats sont époustouffants. Une diffusion record de la première édition du Guide n° 1 (40 000 exemplaires), un guide n° 2 qui marche sur les traces de son jumeau, une très forte fréquentation du site Internet de *Québec Science* (20 000 consultations par semaine depuis janvier 1996), voilà autant de sujets de réjouissance. Mais, ce qui nous enchante davantage, c'est la dynamique que crée le phénomène Internet et qui n'est certainement pas étrangère à un autre succès, celui du magazine lui-même.

Le magazine *Québec Science* se classe en effet dans le peloton de tête des magazines québécois et canadiens dont le tirage a augmenté en 1995, confirme l'Audit Bureau of Circulation, organisme de contrôle de la diffusion des journaux et magazines. La progression moyenne est de près de 13 % grâce à une augmentation régulière du nombre d'abonnés et à une excellente performance des ventes en kiosques (4 500 exemplaires par numéro en moyenne). En ce début d'été 1996, vous êtes près de 12 000 abonné(e)s au magazine *Québec Science*, dont la moitié pour des périodes de 2 ou 3 ans, une marque de confiance que nous apprécions au plus haut point.

La notoriété apportée par nos guides Internet et notre site sur le W3 n'est pas la seule explication à ces résultats positifs. Il y a aussi et surtout, croyons-nous, la qualité soutenue du magazine, numéro après numéro. Quatre ans après avoir amorcé sa relance, *Québec Science* a atteint une maturité qui lui permet de vous offrir des reportages, articles ou chroniques de qualité dans une variété de domaines et sur une foule de sujets que nous considérons importants. Être d'actualité, faire découvrir, aller en profondeur, donner à réfléchir sont les principes qui guident votre rédacteur en chef, Raymond Lemieux, et ses journalistes. Puisque tout indique que cette approche vous plaît, nous allons continuer dans cette voie et même la renforcer.

Car nous ne manquons pas de projets ! Dans les mois qui viennent, nous allons vous offrir un magazine encore plus fouillé et documenté, avec de nouveaux suppléments et cahiers spéciaux qui permettent de creuser un sujet plus en profondeur. Nous allons aussi, bien sûr, accentuer notre présence sur Internet et poursuivre notre travail de vulgarisation de cet outil avec de nouveaux petits guides. En revanche, nous comptons que, de votre côté, vous continuerez à nous donner vos commentaires, à nous suggérer des sujets d'articles, que ce soit par courrier régulier, télécopieur ou courrier électronique, comme vous le faites déjà en grand nombre. Si *Québec Science* est un magazine de qualité et en santé, nous savons que c'est grâce à vous, chères lectrices et chers lecteurs. Soyez-en remerciés.

Michel Gauquelin

Actualités

5

La galère Irving Whale, deuxième partie

Cet été, le fédéral tente de nouveau de désamorcer la bombe Irving Whale.

par Raymond Lemieux et Emmanuelle Béguineau



7

Mélatonine : trop beau pour être vrai

Une pilule, croit Ottawa, qui est tout juste bonne pour les crédules et les Américains.

par Caroline Barrière



8

Spécial Acfas

Foresterie : Le retour du grand feuillu

Environnement : 500 ans plus bas

Société : La pauvreté tue
Protection civile : Les feux qui font peur aux pompiers
Santé publique : Les dentistes frappent un os
Gérontologie : Vieux et heureux de l'être
Pédagogie : La chimie est bonne sur Internet

par Valérie Borde, Rachel Duclos, Claire Gagnon et Isabelle Hachey

15

Chronique Internet Problèmes d'identité

par Jean-Hugues Roy

16

Nouvelles brèves

Chroniques

65

Innovations technologiques

par l'Agence Science-Presse

66

Dimension cachée Des hauts et des bas

par Raynald Pepin



68

Science et culture Balade au dépotoir

par Laurent Fontaine

À l'agenda

69

Des chiffres et des jeux

par Jean-Marie Labrie

70

Livres CD-ROM

71

Entrevue avec... Pierre Béland Des bélugas en sacrifice ?

par Laurent Fontaine

49 HUBBLE L'ŒIL MAGIQUE DES ASTRONOMES

Les plus belles mais aussi les plus troublantes images que le télescope *Hubble* nous a relayées.
présentées par Claude Lafleur



51 Une découverte québécoise

Une étoile massive — un phénomène rare — a été observée à l'aide de *Hubble*. Et ce sont des astronomes de l'Université Laval qui l'ont identifiée.

par Céline Saint-Pierre

52 Comment fonctionne Hubble

Un télescope simple mais extraordinairement performant.

par Carmelle Robert, astrophysicienne

54 Galaxies ? Réviser l'addition, s.v.p.

Combien y a-t-il de galaxies dans l'espace ? 10 milliards, 50 milliards ou 100 milliards comme le suggèrent de récentes théories en astrophysique ? Après la controverse sur l'âge de l'Univers, un nouveau débat secoue la communauté des astronomes.

par Pedro Rodrigue

61 Toutes fourmis unies

Les fourmis ont un sens de l'organisation et de la coopération hors du commun. À défaut d'être intelligentes séparément, elles sont brillantes collectivement.

par Caroline Julien



Atlanta 1996

15 Pourquoi eux et pas nous

Il n'est pas donné à tous de fracasser le mur du 100 mètres en 10 secondes. Voici pourquoi.

par Claude Forand



19 Jeux de coulisses

Faut-il le rappeler ? À Atlanta, il y a juste le Coca-Cola qui sera permis. Mais pour gagner quelques centièmes de seconde sur la piste, certains athlètes seront prêts à tout. Même à affronter la crème des spécialistes antidopage.

par Michaël Constantin



22 La chasse aux tricheurs

Une entrevue avec Christiane Ayotte qui a côtoyé toute une faune de tricheurs sportifs. Des plus humbles aux plus illustres, dit-elle, ils vivent tous dans la même bulle.

par Normand Grondin

58 La plus grande pharmacie du monde

Ne dites plus que le monde des médicaments est une jungle. Dites plutôt que la jungle est un monde de médicaments.

par Martine Turenne



Des ajouts au guide

Robert Brault voyage depuis 1985 sur les babillards électroniques. Il souligne que notre guide Internet a omis de faire mention du réseau FidoNet qui, dit-il, est le plus important en son genre au monde et compte un très grand nombre de nœuds au Québec. Il ajoute que, contrairement à Internet, « FidoNet permet l'usage des codes ASCII nécessaires aux caractères accentués en français ».

Merci pour cette précision. Un autre lecteur, Jean-Pierre Piché, de Saint-Hubert, signale l'existence d'un site québécois sur le bon usage du français sur Internet. On y apprend entre autres choses qu'il ne faut pas dire « l'Internet » mais tout simplement « Internet ». Le site se nomme *Cortexte* et son adresse est la suivante : <http://www.cam.org/~fhubert/>



Le pêcheur et le poisson

Nous avons reçu quelques lettres de lecteurs qui nous signalent que l'article rédigé par Pedro Rodrigue en avril dernier sur la bactérie mangeuse de gras était un canular (le nom du chercheur, Lirvad Nossio, en fait foi).

« Allons ! Dites-moi que Québec Science était complice ou encore qu'il s'agissait d'un test éclair visant le dé-

stipage des lecteurs dyslexiques ! » nous écrit Denis Fortin, de Charlesbourg.

N'ayez crainte, c'est bien Québec Science qui était à l'origine de toute l'affaire, et non un collaborateur farceur qui nous aurait passé un sapin en douce...

Encore Dieu

Le dossier sur Dieu et les hommes de sciences (avril 1996) nous a valu un courrier important.

Jake Roulo, de Senneterre, nous fait parvenir une longue lettre dans laquelle il dit avoir apprécié que nous abordions

Donnez-nous vos commentaires !

Vous avez des commentaires et des suggestions sur le magazine ? 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

Adresse électronique

courrier@QuebecScience.qc.ca

ce sujet controversé. « Je suis surpris qu'on mette Dieu en discussion publiquement, dit-il, mais je ne crois pas que ce soit une question scientifique. C'est une affaire de jugement. La preuve, c'est que les scientifiques ont des vues différentes, qu'ils affichent très personnellement. »

Octogénaire, notre lecteur poursuit en disant que « l'abondance de mystères » qui l'entourent ne l'incommodent nullement et qu'à son âge il aime encore apprendre et étudier.

Il conclut en lançant une charge contre les « crédules » : « Ce sont des paresseux qui noient leurs neurones

dans l'eau bénite pour avoir la sensation de flotter au-dessus des réalités objectives. Ils prennent leurs émotions pour des manifestations divines et surveillent les billets de banque qui peuvent tomber des goussets des autres. »

Gaétan Pellerin, pour sa part, ne pense pas que la science puisse expliquer Dieu. « Il est curieux de noter que les idées émises ressemblaient plus à des opinions évasives qu'à des certitudes basées sur des faits. L'approche scientifique pour certifier l'existence ou la non-existence de Dieu semble bafouée (...). Se pourrait-il que nous poursuivions une fausse piste ? »

Bravo !

Québec Science a reçu deux mentions honorables lors de la remise annuelle des prix du magazine canadien : la première pour l'article « Virus et bactéries : pourquoi ils nous menacent », de Michel Groulx; la seconde pour *Internet, le guide pratique*, d'André Bélanger et Jean-Hugues Roy. Félicitations à nos collaborateurs.

Québec Science



Publié par
La Revue Québec Science
425, rue De La Gauchetière Est
Montréal (Québec)
H2L 2M7
courrier@QuebecScience.qc.ca
<http://QuebecScience.qc.ca>

DIRECTION

Directeur général : Michel Gauquelin
Adjointe administrative : Nicole Lévesque

RÉDACTION

Rédacteur en chef : Raymond Lemieux
Adjoint à la rédaction : Normand Grondin

Comité de rédaction : Patrick Beaudin, Jean-Marc Carpentier, André Déglise, Jean-Marc Fleury, Rosemonde Mandeville, Isabelle Montpetit, Gilles Parent, Pierre Sormany, René Vézina

Collaborateurs : Caroline Barrière, Valérie Borde, Michaël Constantin, Rachel Duclos, Laurent Fontaine, Claude Forand, Claire Gagnon, Isabelle Hachey, Caroline Julien, Jean-Marie Labrie, Claude Laffleur, Claude Marci, Raynald Pepin, Carmelle Robert, Pedro Rodrigue, Jean-Hugues Roy, Céline Saint-Pierre et Martine Turenne.

Illustrations/photos : Marc Cuadrado, Laurent Leblanc, Alain Massicotte, Pierre-Paul Pariseau, Rémy Simard
Correction : Natalie Boulanger

PRODUCTION

Direction artistique : Normand Bastien
Séparation de couleurs, pelliculage électronique : Film-O-Progress
Impression : Interweb

COMMERCIALISATION

Promotion : Hélène Lapointe
Abonnements : Nicole Bédard
Distribution en kiosques : Messageries Dynamiques

ABONNEMENTS

Tarifs (taxes incluses)	Au Canada	À l'étranger
1 an (10 numéros)	37,60 \$	48,00 \$
2 ans (20 numéros)	64,95 \$	86,00 \$
3 ans (30 numéros)	89,91 \$	125,00 \$
À l'unité	4,50 \$	5,25 \$
Groupe (10 ex/ même adresse)	34,19 \$	Non disponible

Pour abonnement et changement d'adresse

QUÉBEC SCIENCE
C.P. 250, Sillery (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'ADRESSE

Téléphone : (418) 657-4391

PUBLICITÉ

Communications Publi-Services inc.
1, rue Forget, Saint-Sauveur (Québec) J0R 1R0
Géraldine Richard, Jean Thibault
Tél. : (514) 227-8414 Téléc. : (514) 227-8995

RÉDACTION

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

Dépôt légal : Bibliothèque nationale du Québec
Troisième trimestre 1996, ISSN 0021-6127
Répertoire dans Repère et dans l'Index des périodiques canadiens.
© Copyright 1996 - La 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 ministère de l'Industrie, du Commerce, de la Science et de la Technologie (Programme Revues de vulgarisation scientifique et technique) et du gouvernement du Canada (Programme Sciences et Culture Canada)

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Industrie, du Commerce, de la Science et de la Technologie

Industrie Canada Industry Canada

Membre de : The Audit Bureau CIPA

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

Actualités

La galère *Irving Whale*, deuxième partie

L'an dernier, la tentative de renflouage de l'*Irving Whale* s'est terminée en queue de poisson. Cet été, on remet ça. Et on se croise les doigts.

par Raymond Lemieux

Le sort de l'épave de l'*Irving Whale*, qui a coulé au fond du golfe du Saint-Laurent il y a plus de 25 ans, se jouera au cours des prochaines semaines. Cette barge pleine de mazout et de BPC sera d'abord renflouée, puis transportée sur une autre barge vers Halifax pour être finalement vidée et nettoyée. C'est du moins le scénario élaboré par Environnement Canada et Pêches et Océans Canada.

On avait tenté une première expérience l'an dernier. Les travaux ont été stoppés par la Cour fédérale à la suite d'une injonction obtenue par la Société pour vaincre la pollution. La cour avait jugé que le gouvernement fédéral n'en savait pas assez sur le contenu toxique de la barge pour réaliser l'opération. Aujourd'hui, l'injonction ne tient plus, les ingénieurs ont refait leurs devoirs et ils sont maintenant convaincus d'avoir tout prévu... ou presque. On l'espère : l'*Irving Whale* a toutes les caractéristiques d'une bombe environnementale en puissance !

Voici sept facteurs déterminants dans la réussite — ou l'échec — de l'opération.



Environnement Canada

1. La météo

Le golfe du Saint-Laurent n'a rien d'un lac paisible, et la délicate manœuvre de levage devra se dérouler lorsque la mer sera calme. La vitesse du courant ne devra pas dépasser un mille nautique à l'heure et les vagues, un mètre de hauteur. Ce sont donc les météorologues qui donneront le feu vert. Il faudra qu'ils puissent prévoir au moins 36 heures consécutives de beau temps pour effectuer le renflouage, des conditions climatiques que l'on a surtout durant les mois d'été.

2. La solidité de la coque et des élingues

Pour lever la barge, les plongeurs doivent glisser deux câbles — des élingues de 25 centimètres de diamètre — sous la coque. L'an dernier, leur mise en place a, semble-t-il, exigé plus de temps que prévu. À l'avant de la barge, il a fallu creuser un tunnel sous la coque. Les plongeurs ont également installé des plaques en acier — des sabots — pour répartir la pression qu'exerceront les élingues sur une plus grande surface. Il

La barge *Irving Whale* avant qu'elle coule en 1970.

faudra cette fois-ci en poser à l'arrière.

La coque supportera-t-elle la levée ? Aux dires des responsables de la Garde côtière et de l'Armée canadienne, elle n'a pas été fragilisée lors de son long séjour dans le fond du golfe.

Des indicateurs de profondeur seront installés aux quatre coins de la barge pour s'assurer que le levage se fera à l'horizontale et que la tension sera bien répartie.

3. Le comportement de la barge lors de la levée

D'une dimension comparable à une patinoire de hockey, l'épave pèse 350 tonnes. La grue qui sera installée par Donjon McAllister, la firme responsable de l'opération, aura une capacité de levage trois fois plus élevée. On a prévu réaliser l'opération en deux heures. La tension exercée sur chaque élingue devra être continuellement mesurée.

Dans un avis remis au ministère de l'Environnement et de la Faune, l'architecte naval Paul-E. Barbeau, de la firme Navitech, craint cependant l'effet de succion qui pourrait survenir au début du levage. Selon lui, ce risque n'aurait pas été suffisamment évalué et, par conséquent, les contraintes de flexion sur la coque auraient été sous-estimées. Environnement Canada rétorque que ce phénomène pourrait effectivement se produire si le bateau était dans la boue. Or, il repose sur du sable et du gravier.

4. Les BPC

C'est la grande inconnue. On estime que la barge renferme 6 800 litres de BPC. L'équivalent de ce que contiennent tous les vieux transformateurs d'Hydro-Québec ! Les BPC sont localisés dans la salle des machines puisque ces substances hautement toxiques étaient utilisées à l'époque pour maintenir le mazout à une température qui permettait de faire son transbordement une fois le bateau arrivé au port. On n'a plus le droit de les utiliser au Canada depuis 1977.

Pour l'océanographe Émilien Pelletier, de l'INRS, les BPC sont le poison ultime. Un déversement de la totalité des BPC de l'*Irving Whale* quintuplerait le taux de ce contaminant dans le golfe. Un risque écologique qu'on ne peut absolument pas prendre, estime-

Touchez pas à l'épave

Il faut laisser l'Irving Whale là où il est, dit l'océanographe Émilien Pelletier. Et il faut le recouvrir de tonnes de sable.

Les nombreuses inconnues associées à la présence des BPC dans l'*Irving Whale* rendent trop risquée l'opération de renflouage, estime Émilien Pelletier. Ce chimiste et toxicologue à l'INRS-Océanographie à Rimouski propose donc d'encapsuler la barge, c'est-à-dire de l'enfouir à 65 mètres de profondeur sous une épaisse couche de sable et de silt.

Certes, le procédé de l'encapsulation est délicat car il faut veiller à ce que tous les interstices de la barge soient bien remplis avec du sable fin pour éviter toute fuite de pétrole ou de BPC, mais cela est tout à fait faisable, croit Émilien Pelletier qui a récemment publié un essai sur le sujet. « Les conditions du site de l'*Irving Whale* sont favorables à ce type d'opération », soutient-il. De plus, cela coûterait moins cher et comporterait moins de risques que le renflouage ou le pompage.

L'encapsulation ne soulève cependant pas beaucoup d'enthousiasme. Ni du côté des environmentalistes, ni du côté des ministères de l'Environnement. Le gouvernement fédéral avait d'ailleurs écarté dès le début cette possibilité pour des « raisons techniques ». Des arguments qui ne convainquent pas pour autant le chercheur, persuadé que dans ce dossier l'aspect émotif pèse autant sinon plus que l'aspect technique. « Le problème, c'est que les gens pensent qu'il faut sortir à tout prix l'*Irving Whale* de l'eau », constate l'océanographe.

Pour en savoir plus

Le fantôme du Irving Whale, par Émilien Pelletier. Presses de l'Université Laval, 1996.

Emmanuelle Béguineau

t-il. Il suggère plutôt d'encapsuler la barge (voir l'encadré ci-dessus).

À Environnement Canada, on ne cache pas l'existence d'un risque de ce genre. Mais, s'il y a déversement, les BPC, contrairement au pétrole, auront tendance à se déposer au fond, et on a déjà prévu un système de pompage pour limiter les dégâts.

On sait toutefois qu'il y a une faille dans la machinerie de chauffage puisqu'on a prélevé des sédiments aux environs de l'épave qui contenaient jusqu'à 890 ppm de BPC, ce qui est très élevé. Des échantillons d'eau seront prélevés dans la salle des machines avant la re-

montée de l'épave afin de mesurer leur teneur en BPC.

Après l'opération, Environnement Canada procédera à une série d'échantillonnages pour mesurer le degré de contamination en BPC du fond marin où se trouvait la barge. Le ministère s'est également engagé à décontaminer les sédiments.

5. Le mazout

L'*Irving Whale* contient 3 200 tonnes de mazout C, qu'on appelle aussi *bunker*. Le *bunker*, un pétrole brut et visqueux comme de la mélasse, est réparti dans huit citernes. Leur contenu peut-il se déverser et provoquer une marée

noire ? Oui, mais le ministère affirme que c'est peu probable.

Un important dispositif anti-pollution sera tout de même mis en place. D'autant plus que le plancton, les larves et les œufs de poissons qui flottent à la surface de l'eau à cette période de l'année sont menacés en cas d'accident. De l'équipement destiné à effrayer les oiseaux marins sera aussi prêt à être déployé.

Plus de 1 000 tonnes de mazout — soit le quart de la cargaison originale — se sont déjà répandues dans l'environnement.

6. L'installation de la barge sur le navire de transport

Un autre moment crucial. Une fois que l'*Irving Whale* sera presque remonté à la surface, une barge submergée se glissera sous l'épave. Puis, en ouvrant les écoutilles et en libérant l'eau à bord de la barge de transport, celle-ci remontera à la surface entraînant l'*Irving Whale* avec elle.

7. Le transport de la barge

L'armada antipollution suivra la barge renflouée jusqu'au port d'Halifax, en Nouvelle-Écosse. Le voyage devrait prendre de deux à trois jours. En cas de mauvais temps, on remorquera la barge vers des ports de refuge déjà désignés. Une fois à Halifax, elle sera reprise par la compagnie Irving — du moins, c'est ce qu'elle a promis de faire — qui la nettoiera et sera responsable d'éliminer les produits toxiques. Les BPC devraient être transportés à Swan Hills, en Alberta, pour y être détruits. ●

Pour en savoir plus

Sur le réseau Internet : <http://www.ns.doe.ca/french/whale2/index.html>
Ce site, créé par Environnement Canada, donne les informations techniques concernant l'opération Irving Whale.

Mélatonine

Trop beau pour être vrai

La mélatonine : toutes les caractéristiques d'une arnaque.

par Caroline Barrière

L'an dernier, la vente de mélatonine — une pilule qui fait un tabac chez les adeptes d'aliments naturels — a été interdite au Canada. Pourtant, nos voisins américains prêtent à ce produit plus d'une vertu : la mélatonine permettrait de combattre l'insomnie et le décalage horaire, d'améliorer l'activité et la performance sexuelles, de contrer le cancer et le sida, de renforcer le système immunitaire et agirait même à titre de contraceptif !

« Elle est utilisée à toutes les sauces », s'indigne Raphaël Bélanger, endocrinologue à l'hôpital Saint-Luc. Il ajoute que, dans les faits, l'innocuité et l'efficacité de la mélatonine restent encore à prouver. « Très peu de choses sérieuses ont été écrites sur la mélatonine », dit-il.

En fait, la recherche la plus fréquemment citée a été conduite... sur des souris. L'immunologue italien Walter Pierpaoli et son collègue américain William Regelson ont étudié l'effet de la mélatonine sur ces petits rongeurs et conclu qu'elle redonnait la jeunesse aux vieilles souris, n'était pas toxique et améliorerait leur système immunitaire.

Une autre étude menée sur des souris, celle-là par le neuroendocrinologue Russel Reiter, en 1992, a laissé entendre que ce produit était un antioxydant puissant et qu'il pouvait neutraliser l'action des radicaux libres responsables du vieillissement des tissus. Étonnant ? Selon Raphaël Bélanger, ces études affirment

beaucoup de choses, mais « elles ne fournissent encore aucune preuve clinique ».

Cela n'empêche pas la mélatonine d'être très populaire. Aux États-Unis, on la considère comme un supplément alimentaire; il n'est donc pas nécessaire d'obtenir une ordonnance pour s'en procurer.

En fait, on sait que la mélatonine est une hormone naturellement sécrétée par l'épiphyse, cette glande de la grosseur d'un pois qui se trouve au centre du cerveau, et assure le maintien des rythmes du corps pour chaque période de 24 heures. Sa production est stimulée en soirée par la noirceur, atteint un sommet au milieu de la nuit et chute une fois que la lumière du jour apparaît. « Les recherches ont assez bien démontré que la mélatonine pouvait régler certains troubles du sommeil ou les problèmes de décalage horaire, explique l'endocrinologue. Mais tout le reste n'est que suppositions. »

De plus, rien ne garantit la

qualité, la pureté ou l'origine du produit. Et Raphaël Bélanger ajoute que, consommées en trop grandes quantités, les hormones déclenchent habituellement des effets secondaires importants et que la mélatonine ne devrait pas faire exception. ●

Pour en savoir plus

Le miracle de la mélatonine, par William Regelson et Walter Pierpaoli, Éditions Robert Laffont. Ces chercheurs sont en quelque sorte les pères de la mélatonine.

Mélatonine : faux miracle ou vraie révolution ? par Russel Reiter et Jo Robinson, Éditions First. Plus modéré que le précédent, ce livre porte sur la recherche en laboratoire et sur l'étude des radicaux libres.

Quelques adresses sur Internet :

Melatonin :

<http://www.teleport.com/~jor>

Pharma Informa Network :

http://pharminfo.com/drugdb/mela_arc.html

Laurent Leblanc



CHIMIE 534

Plus de 800 exercices et problèmes

NOUVEAUTÉ

Manuel conforme au nouveau programme **MEQ**

CHIMIE 534

Luc Béchard
Guy Petit
Philippe Vanier

LIDEC Manuel de l'élève

Ce manuel permettra aux élèves d'atteindre, voire de surpasser les objectifs des cinq modules du nouveau programme de chimie, 5^e secondaire.

Ils découvriront, à travers les 17 chapitres, la chimie, ses applications et ses impacts sur l'environnement.

Pour chaque chapitre, on trouvera des FOCUS SUR LA CHIMIE et à la fin de ceux-ci on trouvera les sections **TERMES À CONNAÎTRE**, **RÉSUMES** ainsi qu'un grand nombre d'exercices et de problèmes (plus de 800 au total). Les solutions aux évaluations et aux exercices se trouvent dans le guide d'enseignement.

Manuel ISBN 2-7608-3587-1 (464 pages)

Guide d'enseignement À paraître

Les élèves découvriront, à travers les 17 chapitres de ce manuel, la chimie, ses applications et ses effets sur l'environnement.

LIDEC

4350, avenue de l'Hôtel-de-Ville
MONTREAL (Québec)
H2W 1H5
Téléphone: (514) 843-5991
Télécopieur: (514) 843-5252

POUR LE SECONDAIRE

Le congrès de l'Acfas, édition 1996

Le 64^e rendez-vous annuel de la communauté scientifique québécoise a constitué un précédent dans l'histoire. Un précédent à double titre : d'une part, c'était la première fois que ce congrès de l'Association canadienne-française pour l'avancement des sciences (Acfas) avait lieu à l'Université McGill, à Montréal; d'autre part, il y a été prononcé un nombre record de communications (plus de 3 000 !).

On y a discuté d'à peu près tout. De l'invasion des souris sylvestres aux îles Mouk-Mouk à la construction incriminée aléatoire. À travers ce foisonnement d'idées savantes, une équipe de journalistes de *Québec Science* a sélectionné quelques-unes des conférences auxquelles ils ont assisté du 13 au 17 mai dernier. Voici leurs reportages.

par Valérie Borde, Rachel Duclos, Claire Gagnon et Isabelle Hachey



Acfas 96

Foresterie

Le retour du grand feuillu

On plante trop de résineux, disent des chercheurs qui tentent de mettre au point une méthode efficace de reboisement des feuillus. Un problème épineux.

« **L**a vraie forêt du sud du Québec n'existe plus, dit l'écologiste forestier Benoit Truax. La plupart des forêts des Cantons de l'Est ont été coupées trois ou quatre fois depuis la colonisation. » Et, depuis une trentaine d'années, les producteurs du sud du Québec reboisent leurs terres avec des conifères — plus payants et plus faciles à replanter —, abandonnant ainsi les essences nobles, comme le chêne, le frêne, l'orme d'Amérique et le noyer.

Le Québec sera-t-il bientôt envahi par les conifères ? C'est ce que craint l'écologiste, membre du Groupe de recherche en écologie forestière de l'Université du Québec à Montréal. Selon lui, ce type de reforestation, en plus d'acidifier le sol, est trop dense pour permettre la venue naturelle des feuillus, qui exigent beaucoup de lumière. « Il est temps de renverser la vapeur », dit-il. Sa solution : une méthode de restauration écologique des forêts de feuillus qui commence à faire ses preuves sur le terrain.

Il faut savoir qu'au début du XIX^e siècle le sud du Québec a été littéralement vidé de ses billes de chêne de qualité pour répondre à la demande croissante des fabriques de meubles. Puis, la ressource forestière a été dilapidée au profit de l'agriculture. Résultat : le Québec est aujourd'hui dépen-



Jardin botanique de Montréal

dant du marché américain pour son approvisionnement en feuillus nobles de grande valeur.

Cependant, on connaît très peu les exigences écophysiologiques des feuillus, ce qui rend les opérations de reforestation difficiles. Les intervenants forestiers ont bien tenté certaines expériences il y a une dizaine d'années, mais, sans qu'on sache pourquoi, les résultats sur le terrain ont été décevants.

Devant ces échecs répétés, on est revenu à la case départ et, depuis deux ans, on recommence à planter du résineux ! Mais Benoit Truax croit qu'on abandonne trop tôt la partie. « On a fait l'erreur de transposer aux feuillus les méthodes traditionnelles de reboisement des résineux, explique-t-il,

celles de plantations monospécifiques qu'on cultive en rangs d'oignon. Or, les travaux que notre équipe a réalisés sur le terrain depuis une dizaine d'années montrent qu'il s'agit d'un modèle totalement contre-indiqué pour les essences dures. »

Le chercheur estime que l'on commet trois types d'erreurs.

D'abord, choisir le mauvais terrain pour planter des feuillus, c'est-à-dire des champs récemment abandonnés. « Bien souvent, les champs n'offrent qu'un sol acide, pauvre en éléments nutritifs, dont la flore microbienne (bactéries, champignons, etc.) est peu développée, et n'ont plus la capacité de faire pousser une forêt. »

Deuxième erreur : préparer

le terrain en utilisant la herse, le bulldozer ou en abattant la broussaille, alors que les champs sont minés de graines de mauvaises herbes qui n'attendent qu'un coup de pelle ou de râteau pour s'activer ! « Ces graminées ont une courte durée de vie, mais elles constituent un obstacle majeur à la survie des semis de feuillus parce qu'elles entrent en compétition pour l'eau, la lumière et la nourriture. »

Finalement, les exploitants forestiers utilisent trop d'herbicides, ce qui altère le cycle de l'azote du sol dans les années futures. Sans compter, ajoute-t-il, que les plantes nuisibles finissent par développer une résistance aux composés chimiques poussant les exploitants à augmenter les doses et la fréquence des applications, au risque de tuer les jeunes arbres. Et comme si ce n'était pas suffisant, les herbicides transforment les sols en véritable potager pour les cerfs de Virginie, qui viennent brouter les petits plants dégagés du couvert végétal. « C'est l'équivalent d'un jardin de laitues fraîches pour un chevreuil ! » précise l'écologiste.

L'équipe du Groupe de recherche en écologie forestière a donc conçu une stratégie de reboisement qui s'inspire plutôt du mécanisme naturel de régénération des feuillus. Selon le patron de succession de ces espèces, la végétation opportuniste, le chiendent, par exemple, s'installe d'abord pour préparer le terrain. Puis, apparaissent les espèces pionnières de type ligneux, comme l'aulne, le peuplier et le bouleau gris. Les feuillus poussent à la lumière tamisée de ce couvert forestier et attendent pendant plusieurs années une ouverture — par le feu, une épidémie d'insectes ou un chablis, par exemple — pour faire une percée et s'établir en forêt.

Les chercheurs ont tenté de mimer ce modèle de régénéra-



Jardin botanique de Montréal

tion avec du chêne rouge et du chêne à gros fruits ainsi qu'avec du frêne rouge et du frêne d'Amérique, qu'ils ont plantés dans une dizaine de stations forestières des Cantons de l'Est (dont une érablière à sucre, une friche d'une quinzaine d'années avec un couvert arborescent, une

coupe à blanc, une pinède et une aulnaie). « Notre intention est de mêler volontairement les espèces dans un environnement qui leur est propice », explique Benoit Truax.

Les résultats de l'expérience, qui proviennent de données étalées sur cinq ans, sont préliminaires mais fort prometteurs. Ainsi, on a observé que les arbres poussent de 30 à 70 centimètres par année. « En évitant de préparer le terrain, dit le chercheur, on réduit l'émergence de graines de mauvaises herbes et on permet à la litière de la broussaille d'enrichir le sol. L'arbre profite donc chaque fois qu'on dégage les broussailles pour créer une entrée de lumière. »

Il ne reste plus qu'à peaufiner le modèle et à convaincre les producteurs forestiers de l'adopter. « Nos travaux explo-

ratoires devront être confirmés par les résultats qui vont sortir d'ici cinq ans, admet l'écologiste. Mais, déjà, nos études surprennent les gens et créent un bon choc d'idées. De toute façon, les intervenants du milieu sont prêts à changer leur conception parce qu'ils savent qu'ils n'ont rien à perdre ! »

Des exploitants de la région de Sherbrooke sont par ailleurs intéressés à collaborer avec le groupe pour tenter une nouvelle expérience, soit de hâter la succession naturelle en faisant pousser de l'aulne dans un champ pauvre récemment abandonné, au lieu d'attendre pendant 15 ou 20 ans la venue de la friche. « Au point où nous en sommes, dit Benoit Truax, la recherche est la seule façon de rétablir les forêts de feuillus. »

(C.G.)

Acfas 96

Environnement

500 ans plus bas

La température canadienne a augmenté de trois degrés depuis deux siècles. Même si ça ne paraissait guère au printemps dernier !

Quelle température faisait-il il y a 500 ans ? En plongeant des thermomètres dans de profonds forages miniers, des chercheurs du Centre de recherche en géochimie isotopique (GEOTOP) de l'Université du Québec à Montréal obtiennent des indices sur les variations climatiques qui se sont produites dans le passé. Ils viennent d'ailleurs de terminer l'analyse des données recueillies dans 250 forages au Canada, ce qui devrait nous fournir plus de précisions sur l'histoire climatique du pays.

Les prévisions quant à l'évolution future du climat sont basées sur des modèles mathéma-



tiques qu'on valide en s'assurant qu'ils peuvent reproduire les variations du passé. Pour reconstituer l'histoire climatique

de la planète, on utilise déjà les mesures provenant des stations météorologiques, des archives historiques, de l'analyse des pollens et des glaces ainsi que des cernes de croissance des arbres des glaces.

En mesurant la température dans les forages profonds, les géophysiciens pourront en plus quantifier le flux de chaleur émis par la Terre. Or, ils ont constaté qu'à proximité de la surface la température du sous-sol, qui devrait normalement augmenter régulièrement avec la profondeur, soit de 20 à 30°C par kilomètre, n'est pas homogène. Conclusion : la température de l'air influence la température du sous-sol.

C'est le géologue Art Lachenbruch, du US Geological Survey, qui, en 1986, a le premier démontré que les réchauffements passés de la surface se propagent peu à peu vers les profondeurs. En étudiant le taux de variation de la température (à 0,001 de degré près) et la conductivité thermique des roches, on peut établir une variation de température de surface et la dater dans le temps.

Depuis 1990, l'équipe de Jean-Claude Mareschal, au GEOTOP, a mesuré la température dans l'ensemble des forages miniers du pays. « Le Canada compte environ 500 forages d'une profondeur supérieure à 500 mètres, mais seulement la moitié d'entre eux se prêtent à ce type de mesures », explique le chercheur. En effet, plusieurs phénomènes de surface peuvent fausser les mesures en faisant varier la température du sol de quelques degrés, comme la présence de lacs et la déforestation. En théorie, les forages de 500 mètres permettent de retracer les variations climatiques au cours des 500 dernières années.

Les données obtenues au GEOTOP ont, pour l'instant, permis de confirmer un réchauffement du climat depuis le début du XIX^e siècle. Les « petits âges glaciaires », qui ont eu lieu entre 1600 et 1800, sont bien documentés en Europe, mais peu connus en Amérique du Nord, rappelle Jean-Claude Mareschal. « Nos travaux ont montré que la température de l'air dans l'est du Canada a remonté de 3°C depuis cette époque. » En Europe, des forages très profonds ont permis de remonter jusqu'à l'époque du Moyen Âge et de confirmer, comme on le soupçonnait déjà mais sans pouvoir le prouver, que les températures étaient alors plus élevées.

(V.B.)

Acfas 96

Société

La pauvreté tue

Qui l'eût cru ? Certains Québécois ont une espérance de vie moins élevée que des habitants de pays du tiers-monde.

Les hommes québécois qui habitent certains quartiers défavorisés auraient une meilleure espérance de vie s'ils vivaient en Russie ou même au Liban, révèle une étude démographique menée dans toute la province. En effet, chaque année, près de 5 000 décès au Québec sont attribuables aux inégalités sociales.

L'étude, effectuée sur 150 000 décès survenus au Québec de 1990 à 1992, avait pour objectifs de connaître les causes de mortalité liées à la santé et de cerner les disparités régionales en matière de décès. Elle a été réalisée par des démographes du ministère de la Santé et des Services sociaux ainsi que des Régies régionales de la santé et des services sociaux de Montréal-Centre, de Québec et de la Montérégie.

On a donc constaté qu'un homme qui naît sur le territoire du CLSC de Montréal-Centre a une espérance de vie de 66 ans, soit la même qu'un homme vivant dans l'Irak d'après la guerre du Golfe. Celui qui naît à Ville Mont-Royal, lui, peut espérer vivre jusqu'à 82 ans.

Pour les fins de l'étude, les auteurs ont séparé les 170 CLSC de la province en 5 groupes, en fonction du statut économique de leur clientèle. Les résultats indiquent qu'en moyenne les hommes qui naissent sur le territoire d'un CLSC situé dans une zone « favorisée » peuvent espérer vivre jusqu'à 75,7 ans contre 72,1 ans pour ceux qui habitent



dans une zone « défavorisée ». Chez les femmes, la variation est moins importante : 81,8 ans dans le meilleur des cas, 80,3 ans dans le pire.

« Dès que les conditions économiques s'améliorent, la mortalité est moins forte chez les hommes, indique le démographe Marc Ferland, de la Régie régionale de la santé et des services sociaux de Québec et l'un des auteurs de l'étude. Chez les femmes, la relation est moins évidente. »

Les auteurs de l'étude observent une surmortalité dans les CLSC éloignés des centres urbains et dans ceux dont la clientèle est urbaine et défavorisée. « L'étude a démontré que 10 % des décès qui surviennent annuellement au Québec seraient dus aux inégalités socio-économiques », dit

Marc Ferland.

On a également constaté qu'une personne vivant en Abitibi-Témiscamingue n'a pas la même espérance de vie que si elle habitait dans la région de Laval ou de la Mauricie. Si on fait exception du Nunavik et de la région crie, où l'espérance de vie est respectivement de 61,5 ans et 71 ans, c'est à Laval que les hommes québécois vivent le plus vieux, soit en moyenne jusqu'à 75,2 ans, et au Saguenay—Lac-Saint-Jean qu'ils meurent le plus jeune, soit à 72,2 ans. La région du nord du Québec est celle où les femmes décèdent le plus jeune, soit à 76,7 ans, alors que dans la région Chaudière-Appalaches, elles peuvent espérer vivre jusqu'à 81,4 ans.

(R.D.)

Un nouveau président

M. Jean-Pascal Souque, un communicateur scientifique de haut calibre, a été élu à la présidence de l'Acfas. M. Souque est le chargé principal de recherche au Centre national sur les affaires et l'enseignement du Conference Board du Canada. De 1987 à 1993, il a été directeur général des programmes publics au Musée national des sciences et de la technologie. Il détient une maîtrise en sciences physiques de l'Université de Paris et a fait ses études doctorales en didactique des sciences à l'Université Laval, à Québec.

Acfas 96

Protection civile

Les feux qui font peur aux pompiers

Les pompiers sont mal formés, mal informés et parfois mal équipés pour combattre les incendies de produits dangereux. Rien de bien rassurant pour ceux qui travaillent dans les laboratoires...

A lerte ! Il fait nuit et le feu est pris dans un laboratoire universitaire ! Les pompiers se rendent rapidement sur les lieux, parcourent les couloirs, localisent le sinistre, mais s'arrêtent, indécis, devant un écriteau qui indique : « Attention, danger, matières radioactives ». Que faire ? Ils l'ignorent, et les gardiens de sécurité eux-mêmes ne savent pas ce qu'il y a derrière la porte. Les pompiers décident alors de laisser le labo brûler... Par chance, l'incendie — un simple feu de poubelle — finit par s'éteindre tout seul !

Cette anecdote, racontée par Gilles Courtemanche, responsable des interventions concernant les matières dangereuses pour le Service des incendies de Montréal, illustre bien l'impuissance des pompiers : les matières dangereuses, les produits toxiques, inflammables et radioactifs, ils ne savent tout simplement pas quoi faire avec cela ! Et cette ignorance, s'inquiète Gilles Courtemanche, les amène parfois à commettre des erreurs qui peuvent avoir de graves conséquences.

Il y a 20 ans, les pompiers se contentaient d'éteindre des incendies et d'aller chercher les chats imprudents au sommet des arbres, rappelle-t-il. Mais, aujourd'hui, leur travail se diversifie à un point tel que, d'ici l'an 2000, seulement 25 % de



leurs interventions consistent à s'acquitter des tâches « traditionnelles ». Les sauvetages nautiques et les interventions mettant en cause des produits chimiques, notamment, prendront de plus en plus d'importance dans l'avenir.

Cependant, les pompiers ne sont pas formés pour exécuter ces tâches. À Montréal, par exemple, ils disposent d'équipement dernier cri pour détecter les fuites de gaz, mais ne savent ni comment s'en servir, ni comment l'entretenir ! Ce qui donne lieu à de nombreuses erreurs de jugement.

« Même lorsqu'ils savent com-

ment manipuler certains outils, dit-il, ils ne sont pas toujours capables d'analyser les résultats. » C'est ainsi que des pompiers se sont rendus à trois reprises sur les lieux d'un présumé sinistre, où les occupants présentaient divers symptômes d'irritation des muqueuses, signe de la présence d'un irritant chimique (probablement une fuite de gaz), mais sans jamais être capables d'identifier correctement le problème !

En fait, c'est lors d'un exercice de simulation que les pompiers ont constaté l'ampleur des dégâts. Il s'agissait de déterminer la direction des

vents lors d'un incendie afin de permettre l'évacuation des habitants. Les pompiers ont installé la tour météo, fait les tests, puis comparé leurs résultats avec ceux du centre météorologique d'Environnement Canada, à Dorval. Un désastre. « Les vents allaient exactement dans le sens contraire à ce que nous avions déterminé, explique Gilles Courtemanche. Nous aurions donc évacué les gens dans la mauvaise direction ! » Les pompiers ignoraient que, dans un déclin géographique, les vents soufflent dans la direction opposée aux vents dominants.

Dans certains cas, les pompiers ont de la difficulté à prendre des mesures avec leurs instruments. Ils se sont déjà rendus à l'hôpital Saint-Luc pour une urgence causée par une fuite d'acide sulfurique. Pourtant, à plusieurs reprises, leurs instruments n'ont indiqué la présence d'aucune fuite ! Heureusement, ils ont finalement décidé d'évacuer quand même l'endroit sinistré, une décision qui a probablement évité un drame.

Il est grand temps, selon Gilles Courtemanche, que les pompiers révisent leur formation, qui est manifestement incomplète en plus d'être « passablement anarchique ». Il suggère que des spécialistes, disponibles jour et nuit, travaillent en collaboration avec les pompiers et les suivent sur les lieux des incendies.

Il ajoute que les pompiers se doivent d'obtenir la collaboration des responsables des lieux où se déclare un incendie, notamment pour être prévenus du type de matières dangereuses qu'ils peuvent y rencontrer. Après tout, rappelle-t-il, les pompiers sont des humains et quand ils voient des scientifiques prendre leurs jambes à leur cou devant un baril de produit chimique, ils ont parfois envie d'en faire autant !

(R.D.)

Carie : des dentistes frappent un os

Au Québec, il y a trop de dentistes et pas assez de patients, estime un spécialiste de la santé dentaire.

Il est fort probable que le gouvernement du Québec ne rencontre pas les objectifs qu'il s'était fixés il y a quatre ans pour améliorer la santé bucco-dentaire de la population. En fait, il semble que tant que les mentalités ne changeront pas, toutes les intentions, aussi bonnes soient-elles, resteront des vœux pieux.

Le gouvernement s'était fixé comme objectifs de réduire les caries de moitié chez les enfants de 6 à 12 ans et de faire passer le taux d'extraction complète des dents de 14 % à 5 % chez les personnes de 35 à 44 ans d'ici l'an 2002. Mais Jean-Marc Brodeur, directeur du réseau de recherche en santé bucco-dentaire du Québec et professeur à la faculté de médecine de l'Université de Montréal, est réaliste et croit qu'il sera difficile de les atteindre.



La difficulté ? La population québécoise n'a pas encore saisi toute l'importance de prévenir les problèmes dentaires. « Le système est axé sur la maladie des individus et non sur leur santé, sur le traitement des symptômes et non sur la prévention », déplore Jean-Marc Brodeur.

Selon lui, il est impératif que

les dentistes prennent le virage de la prévention. Surtout que ce sont les gens qui ont le plus besoin de traitements dentaires qui ont le moins d'argent pour s'en payer. « Les pauvres, les sidéens, les personnes âgées ou handicapées représentent 30 % de la population, mais requièrent 70 % de tous les soins dentaires », dit-il.

Une étude réalisée en 1993 démontre que le nombre de personnes de 35 à 44 ans complètement édentées varie énormément selon leur revenu annuel : 24 % des gens qui ont un salaire de moins de 15 000 dollars par année n'ont plus de dents contre seulement 6 % de ceux qui gagnent plus de 74 000 dollars. Ce pourcentage varie aussi selon le niveau de scolarité, les régions, le sexe (12 % des hommes et 16 % des femmes) et même la langue (16 % des francophones contre 7 % des anglophones québécois).

Par contre, si les pauvres ne reçoivent pas tous les soins nécessaires, les riches, eux, en recevraient trop ! En effet, la stagnation de la demande en soins dentaires provoque, depuis quelques années, une exagération des traitements, et Jean-Marc Brodeur estime que le nombre de dentistes pourrait être réduit de moitié au Québec.

Il faudrait donc, croit-il, miser sur la prévention et rendre les services dentaires plus accessibles aux gens démunis, mais aussi cesser de banaliser les problèmes dentaires. « Quand on rappelle que 72 % des personnes âgées n'ont plus aucune dent, tout le monde s'en moque ! »

(I.H.)

Les honneurs de l'Acfas

Chaque année, le congrès de l'Acfas souligne le travail exceptionnel de certains chercheurs. Ainsi, neuf scientifiques se sont retrouvés sur le podium de la science québécoise.

Le biologiste **Edwin Bourget** de l'Université Laval a reçu le prix Michel-Jurdant qui souligne des travaux en environnement. M. Bourget a contribué à faire connaître l'écologie du littoral maritime du Saint-Laurent.

Le prix Urgel-Archambault en sciences physiques, en mathématiques et en génie a été re-

mis à **Howard Alper**, professeur au département de chimie de l'Université d'Ottawa, qui a participé à la découverte de méthodes pour rendre plus efficace la préparation des agents chimiques entrant dans la composition des anti-inflammatoires et des antibiotiques.

Le prix Joseph-Armand-Bombardier, qui souligne une innovation technologique, a été attribué à **Gérard Marc-Aurèle**, maître mécanicien, et à **Michel Deblois**, ingénieur. Ils ont mis au point une technique pour réparer de manière simple les tuyaux enfouis sous terre.

Le chercheur **Domenico**

Regoli, professeur au département de pharmacologie de l'Université de Montréal, est le lauréat du prix Léo-Pariseau, qui souligne sa contribution en sciences biologiques et en sciences de la santé.

En sciences sociales, le prix Marcel-Vincent a été remis à **André Blais**, professeur titulaire au département de sciences politiques de l'Université de Montréal. Ses préoccupations touchent le comportement bureaucratique, les finances publiques et l'impact politique des médias.

Lawrence Kryzanowski, professeur à la faculté de com-

merce et d'administration de l'Université Concordia, a reçu le prix Acfas-Caisse de dépôt et placement du Québec. Il s'intéresse depuis longtemps à l'efficacité et à la régulation des marchés financiers ainsi qu'aux stratégies de placement.

Enfin, le prix des sciences humaines a été remis à **Marc Angenot**, qui enseigne au département de langue et littérature françaises à l'Université McGill. Il est l'auteur de nombreux ouvrages qui ont permis de comprendre comment une société se raconte à elle-même à travers, par exemple, le roman populaire.

Acfas 96

Gérontologie

Vieux et heureux de l'être

Les gens âgés ont une vie moins difficile qu'on ne le croyait, dit le chercheur Brian Mishara. Ils semblent même avoir pas mal de plaisir...

On croyait que beaucoup de Québécois âgés étaient seuls et malheureux. Brian Mishara, directeur du Laboratoire de recherche en écologie humaine et sociale à l'Université du Québec à Montréal et auteur d'une étude sur les conditions de vie des personnes âgées qui sera publiée cet automne, est arrivé à la conclusion contraire : nos aînés sont non seulement heureux, mais une majorité d'entre eux sont aussi bien entourés !

Réalisée en grande partie avec les résultats de l'enquête de Santé Québec 1992-1993, son étude a mis en évidence plusieurs faits qui vont à l'encontre de l'opinion générale sur les conditions de vie des personnes âgées.

Première constatation : les gens âgés représentent, toutes tranches d'âge confondues, le groupe le plus heureux ! D'après l'enquête, 35 % d'entre eux se sentent « très heureux », 58 % « plutôt heureux » et seulement 6 % « pas très heureux ». Le phénomène se confirme lorsqu'on regarde le niveau de détresse psychologique qui, à 15 %, est le plus bas de tous les groupes d'âge.

Chez les 75 ans et plus, un quart des personnes se considèrent à l'aise financièrement alors que seulement 1,2 % croient qu'elles n'ont pas assez d'argent pour vivre. Nos aînés sont également les plus satisfaits de leur vie sociale. Les trois quarts d'entre eux ren-



contrent des membres de leur famille ou des amis au moins une fois par semaine, et le rythme des rencontres ne diminue pas avec l'âge. Le pourcentage de personnes âgées qui se disent « très satisfaites de leur vie sociale » a même augmenté entre 1987 et 1993, passant de 34,8 % à 40,7 %. Les aînés surpassent aussi toutes les autres tranches d'âge en terme de soutien social, puisque les trois quarts d'entre eux peuvent compter sur l'affection profonde d'au moins trois personnes. « Les aînés d'aujourd'hui ont eu beaucoup d'enfants. Ils constituent un soutien social important sur lequel les futures générations d'aînés ne pourront plus compter à cause de la baisse du taux de natalité », précise le chercheur, également directeur du Centre de recherche et d'intervention sur le suicide et l'euthanasie.

Brian Mishara ajoute que la situation générale des personnes âgées s'est améliorée entre les enquêtes de 1987 et 1993 et que « notre époque est peut-être la meilleure qui ait jamais

été pour vivre comme aîné ». Tant de bonheur donnerait presque envie de vieillir d'un seul coup !

Le revers de la médaille : on vit plus longtemps qu'auparavant mais en moins bonne santé. Ainsi, le temps de vie passé en perte d'autonomie a augmenté au cours des dernières années pour atteindre une moyenne de 10 ans chez les hommes et de 13 ans chez les femmes. Autre indicateur inquiétant : les personnes âgées consomment de plus en plus de médicaments et, en particulier, de psychotropes. Faut-il voir là la raison de leur bonheur ? C'est ce que tentera de déterminer Brian Mishara au cours des prochains mois. (V.B.)

APPEL DE CANDIDATURES POUR LE PRIX DU FONDS FCAR POUR L'ESSOR DE LA RECHERCHE AU QUÉBEC

Le Fonds FCAR offre ce prix bisannuel à une personne s'étant impliquée de façon remarquable dans le développement de la recherche au Québec.

LES CRITÈRES DE CANDIDATURE SONT :

- avoir démontré une participation active à l'élaboration de politiques favorisant l'essor de la recherche québécoise;
- avoir contribué de façon importante à la promotion de la recherche;
- être résident québécois;
- les membres votants actuels du Conseil d'administration du Fonds FCAR sont exclus.

La date limite pour présenter une nomination au Secrétaire général du Fonds FCAR est le 1er novembre 1996.

Le Fonds FCAR est un organisme autonome qui relève de la ministre de l'Éducation. Son mandat est de promouvoir et d'aider financièrement la recherche, sa diffusion et la formation de chercheurs.



FCAR

Fonds pour la Formation de Chercheurs et l'Aide à la Recherche

140, Grande-Allée Est, bureau 450 Québec (Québec) G1R 5M8
Tél.: (418) 643-8560 Téléc.: (418) 643-1451 Courrier élec.: info@fcar.qc.ca

Acfas 96

Pédagogie

La chimie est bonne sur Internet

Le réseau Internet est un excellent outil pédagogique, a constaté un professeur de l'Université Laval.

Gérard Charlet, professeur de chimie à l'Université Laval, a commencé à utiliser Internet en classe pour donner un cours de thermodynamique aux étudiants de première année de baccalauréat. À la prochaine rentrée, il compte se servir régulièrement de cet outil. Les étudiants pourront revoir leurs cours sur le site Web du département de chimie, accéder à des exercices interactifs et

parcourir les liens que leur propose le professeur.

« L'apprentissage traditionnel par matière et l'enseignement séquentiel amènent l'étudiant à considérer la connaissance scientifique comme un assemblage de blocs indépendants, contenant eux-mêmes des concepts juxtaposés, explique Gérard Charlet. Internet et le langage hypertexte permettent de créer des liens entre ces tiroirs qui s'ignorent, en



montrant qu'un même concept est souvent rencontré en de

nombreux endroits de l'édifice scientifique et en illustrant les relations entre les diverses disciplines. »

En reliant des concepts abordés dans un même cours, mais à des moments différents, ou dans d'autres cours par différents professeurs, les liens hypertextes aident les étudiants à y voir plus clair. Par exemple, Gérard Charlet leur propose, à partir d'une leçon sur le cycle de Carnot, d'accéder à de l'information sur le physicien Sadi Carnot, sur la thermodynamique des phénomènes biologiques et sur l'industrie métallurgique. « Même si, pour l'instant, on ne peut pas envisager d'examens sur Internet, dit-il, les étudiants d'aujourd'hui seront les "profs Internet" de demain, et il est important de les familiariser avec ce nouvel outil d'enseignement. »

(V.B.)

49^e CONGRÈS DE L'ACELF



Association canadienne
d'éducation de langue française

268, rue Marie-de-l'Incarnation
Québec (Québec) G1N 3G4
Téléphone : (418) 681-4661
Télécopieur : (418) 681-3389
Courrier électronique : informat@acelf.ca

L'éducation en français, une clé pour le monde du travail

Quels sont les besoins de formation des jeunes francophones? La qualité de la langue française fait-elle toujours partie des critères d'excellence exigés par les employeurs au Canada?

Pour en discuter, l'Association canadienne d'éducation de langue française réunira à Regina des intervenantes et des intervenants du monde de l'éducation, du marché du travail, et des organismes de jeunes aussi. Ensemble, nous tenterons de mettre en lumière les enjeux et défis de l'éducation de langue française — et les moyens pour en assurer la qualité.

Les défis de l'éducation de langue française vous intéressent?

Le 49^e Congrès de l'ACELF vous propose une tribune unique pour faire connaître votre vision de l'avenir.

du 8 au 10 août 1996

Regina, Saskatchewan

Consultez les détails du Congrès
au site Internet de l'ACELF : <http://www.acelf.ca>

Chronique Internet

PAR JEAN-HUGUES ROY • hugo@lanter.net

Problème d'identité

Nouvelles technologies, même vieux débat : comment permettre l'échange d'informations sur les inforoutes sans violer la vie privée des citoyens ni ralentir inutilement le trafic ?

Dans le monde parfait des réclames de l'inforoute Bell, les clients ont leur dossier médical à la portée de la main et les jeunes d'âge scolaire, un accès illimité aux grandes banques de données. Mais où conserver son dossier médical en sécurité ? Et comment payerons-nous les services auxquels nous aurons accès ?

Il est question d'utiliser plusieurs cartes à puce différentes. Par exemple, une pour le dossier médical et une autre pour faire des transactions sur Internet ou sur les inforoutes qu'on promet de bâtir.

Mais le Secrétariat à l'auto-
route de l'information (SAI), un organisme gouvernemental qui vient de rendre public le document *Stratégie de mise en œuvre de l'auto-
route de l'information au Québec*, propose plutôt l'implantation d'une seule carte à puce pour tous. Cette carte, suggère-t-on, devrait contenir ce qu'on appelle une signature électronique, c'est-à-dire une preuve de notre identité. Le SAI compte d'ailleurs tenir un débat public sur le sujet d'ici septembre 1996.

En fait, cet automne, on va beaucoup parler de vie privée puisque la Commission d'accès à l'information tiendra égale-



Remy Simard

ment des audiences publiques sur la question des identificateurs personnels. Le Québec est d'ailleurs la première province canadienne où de tels débats auront lieu.

Cela dit, la tendance à l'établissement de cartes à signature électronique est universelle. L'objectif est de parvenir à s'entendre sur des standards pancanadiens ou internationaux qui permettront, par exemple, à un médecin mexicain de lire sans difficulté le dossier médical d'un Québécois victime de la « turista » à Acapulco.

« Ces cartes ont le potentiel d'augmenter le contrôle des bureaucrates sur les citoyens », s'inquiète cependant Pierrôt Péladeau, éditeur des *Privacy Files*, un bulletin mensuel d'information sur l'informatique et la protection de la vie privée. Selon lui, le principe d'un identificateur unique, donc d'une seule signature électronique pour établir notre identité, permettra à l'État ou à l'entreprise privée « d'échanger trop facilement des données dans notre dos ».

Sauf que les citoyens n'auront pas le choix, croit Jean-Pierre Delwasse, responsable

qu'ils détiennent sur nous, et ces données transitent par modem ou sont échangées à travers différents réseaux — de petites inforoutes en circuit fermé, en somme — qui, tôt ou tard, seront reliés.

Il faudra donc éventuellement être branché et posséder l'une de ces cartes à signature électronique. Mais tandis que Pierrôt Péladeau craint que tout cela nous transporte au pays de Big Brother, Jean-Pierre Delwasse estime que le Québec est encore un des endroits au monde où les renseignements personnels sont les mieux protégés. Nos lois vont s'appliquer dans le cyberespace, dit-il, carte à signature électronique ou pas.

Paradoxalement, ces cartes pourraient même garantir un plus haut degré de vie privée aux citoyens.

Avec un système contenant des identificateurs multiples, précise l'éditeur des *Privacy Files*, il serait possible d'utiliser une signature spécifique pour chaque correspondant, Hydro-Québec ou une banque, par exemple. Avec ce système, une banque aurait besoin de votre consentement pour colliger des renseignements de crédit auprès de chacune des institutions avec lesquelles vous avez transigé.

D'une façon ou d'une autre, le débat de cet automne risque d'être déterminant. Car si, d'un point de vue gouvernemental ou industriel, ces cartes paraissent essentielles, « du point de vue du citoyen, souligne Pierrôt Péladeau, rien n'indique qu'on doive se presser pour prendre les bonnes décisions ». ●

des questions de stratégies techniques et d'infrastructures au SAI : un jour ou l'autre, ils devront accepter de s'identifier pour utiliser les inforoutes. Mais il croit que, pour des raisons de sécurité, on ne choisira pas la stratégie de la carte unique. « Par exemple, il est loin d'être évident que les services de santé, qui contiennent des informations très « sensibles », seront jumelés aux autres services gouvernementaux. » Il ajoute que ces cartes à puce ne seraient pas obligatoires puisque, à moyen terme, ce ne sont pas tous les Québécois qui auront accès à une inforoute.

Entre-temps, l'« inforoutisation » du monde s'accélère. Les entreprises et les gouvernements ont déjà informatisé la plupart des renseignements

CyberRessources

Stratégie de mise en œuvre de l'auto-
route de l'information au Québec

www.gouv.qc.ca/francais/minorg/sai/orientat/stratpre.html

Résumés des Privacy Files

Écrivez à privacy.files@progesta.com et inscrivez dans le corps du message « Ajouter mon nom à la liste » suivi de votre nom.

■ Communication Dans le sillon de Fernand Seguin

C'est un jeune bibliothécaire de Montréal, Philippe Chartier, qui a reçu cette année le prix Fernand-Seguin. Cette bourse de 12 000 dollars lui permettra de peaufiner son talent de vulgarisateur scientifique dans le monde des médias, car elle est assortie d'un stage de 6 mois dans des entreprises de presse. Le texte qu'il avait soumis au jury portait sur la vie artificielle.

« L'étude de la vie est de moins en moins une question de matière physique et de processus chimiques, écrit-il, mais plutôt une question d'information, de bits et d'algorithmes. » Attention, les biologistes !

La bourse Fernand-Seguin est une initiative de l'Association des communicateurs scientifiques et de la Société Radio-Canada, qui reçoit le soutien financier du ministère de la Culture et des Communications du Québec et de Merck Frosst Canada. *Québec Science* est également un des partenaires et commanditaires du concours.

■ Neurologie Finis les tremblements

Le neurochirurgien William Koller, de l'Université du Missouri à Kansas City, vient de mettre au point une ingénieuse technique pour venir en aide aux gens atteints de la maladie de Parkinson. En implantant une minuscule électrode dans le cerveau de ses patients, ce chercheur est parvenu à stopper de manière spectaculaire les tremblements involontaires qui caractérisent la maladie.

Lorsqu'elle est activée par un générateur d'impulsions calibré en fonction du malade, l'électrode fournit un faible courant électrique qui permet au cerveau de stabiliser l'influx nerveux servant à commander les mouvements musculaires. Ce sont des neu-

rotransmetteurs tels que l'acétylcholine et la dopamine qui jouent normalement ce rôle chez les personnes bien portantes. La maladie de Parkinson, tout comme celle d'Alzheimer, altère la chimie du cerveau et diminue la sécrétion des neurotransmetteurs, ce qui entrave la circulation de l'influx nerveux.

Si la technique mise au point par William Koller ne guérit pas la maladie, elle fait tout de même disparaître presque entièrement son plus gênant symptôme.

■ Anatomie Le cœur à l'ouvrage



C'est connu : les Texans ont le cœur sur la main. Le neurochirurgien à la retraite Roy Selby enseigne l'anatomie au Collège universitaire du Texarkana. Comme son budget d'acquisition de spécimens n'est pas très élevé, ses étudiants manquent parfois d'organes « frais » pour s'exercer au scalpel. « Qu'à cela ne tienne ! » s'est exclamé un jour le généreux professeur en extirpant de son porte-documents un bol de Tupperware.

Le bol contenait un cœur presque palpitant — le sien — qu'il a aussitôt offert, aux fins de dissection, à ses étudiants perplexes. S'étant fait greffer récemment un cœur neuf, le praticien retraité, qui n'a pas pour autant perdu son sens pratique, a tout simplement récupéré le vieux afin de l'immoler sur l'autel de la science !

■ Génétique En noir et bleu

Les autorités américaines de la santé s'intéressent aux gènes des Saguenéens : le National Institute of Health des États-Unis a octroyé 1,6 million de dollars US à un groupe de chercheurs de l'Hôtel-Dieu de Montréal afin qu'ils débussent les gènes susceptibles de provoquer l'hypertension chez les « Bleuets ». Cette subvention a été attribuée dans le cadre d'une vaste enquête comparative entre les Saguenéens et... les Afro-américains de Milwaukee ! « Les deux populations sont très différentes, mais elles ont aussi des caractéristiques similaires », explique le docteur Pavel Hamet, directeur du Centre de recherche de l'Hôtel-Dieu de Montréal et responsable du projet au Québec. Il ajoute qu'en raison des particularités génétiques de la population locale — 300 personnes ont migré de Charlevoix pour le Saguenay et y ont formé une population de 300 000 habitants — la région présente un potentiel de recherche extraordinaire.

Ainsi, bien que les Saguenéens ne soient pas plus malades que les autres Québécois, les causes de leurs maladies sont moins nombreuses, ce qui facilite grandement la recherche génétique. Le choix de cette région est aussi dû à ses familles nombreuses, à la présence d'une clinique de lipides à Chicoutimi et, surtout, au fichier informatique BALZAC, qui compile les naissances, les mariages et les décès d'un demi-million de Saguenéens.

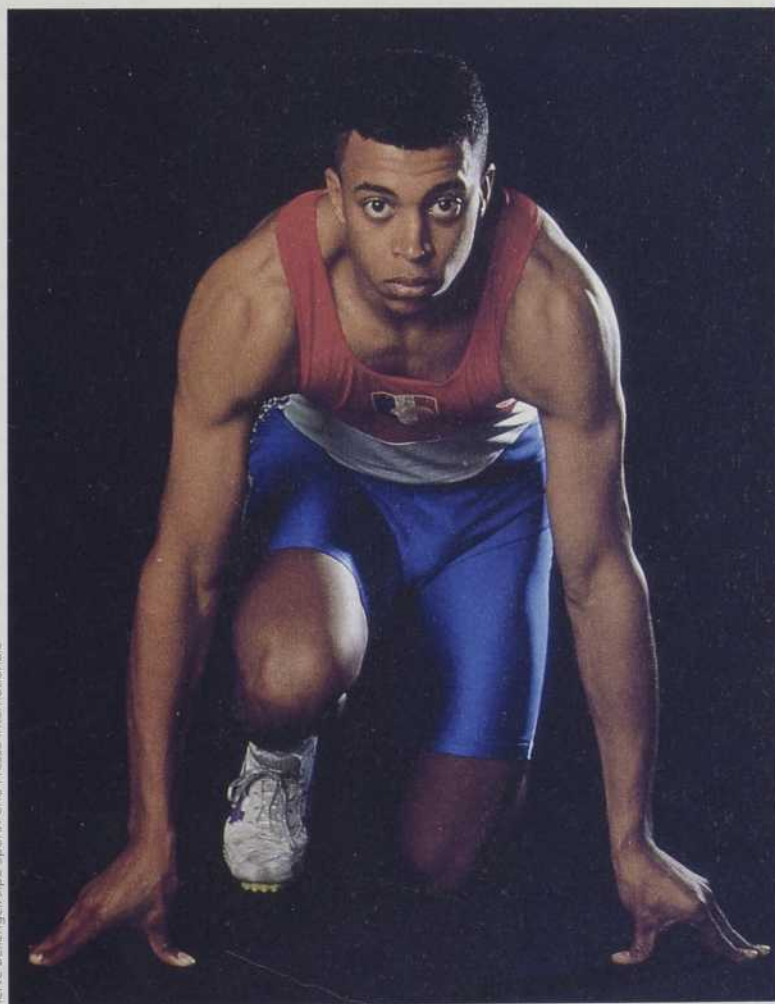
Surnommée « the silent killer » par nos voisins du sud, l'hypertension fait par ailleurs beaucoup de victimes parmi les Afro-américains. Le taux d'incidence des maladies reliées à l'hypertension chez cette population est de 50 % plus élevé que chez les Blancs. Du côté américain, la recherche, échelonnée sur 5 ans et menée par le Medical College of Wisconsin, coûtera 8,2 millions de dollars US.

Isabelle Hachey

Pourquoi eux et pas nous ?

N'est pas athlète qui veut, mais seulement qui peut.

par Claude Forand



On s'interroge de plus en plus sur le rôle que joue le bagage génétique dans les performances d'un athlète.

Vous rêvez de courir le 100 mètres en 10 secondes ou de boucler le Marathon de

Montréal en un peu plus de 2 heures. Pour y arriver, vous avez donné le maximum : des mois d'entraînement spartiate, une diète sévère et une préparation mentale à toute épreuve. Bref, vous croyez n'avoir rien laissé au hasard... Sauf, peut-être, l'hérédité. Au fond, êtes-vous vraiment taillé pour accomplir un exploit sportif ?

On s'interroge de plus en plus sur le rôle que joue le bagage génétique dans les performances d'un athlète. Si on doute toujours de l'existence d'un gène spécifique ayant un effet majeur en ce sens, il est possible en revanche que plusieurs gènes soient en cause.

« Un athlète qui court le marathon doit posséder un cœur gigantesque, beaucoup de mitochondries et des poumons en mesure d'extraire le volume d'oxygène néces-

saire pour ce type d'exercice, explique le physiologiste Jean-Aimé Simoneau, du Groupe de recherche en biologie de l'activité physique (GRBAP) de l'Université Laval. C'est un phénomène multiorgane et il semble clair que plusieurs gènes sont impliqués. » Un bagage héréditaire serait donc responsable de la performance des muscles, des poumons ou du cœur d'un individu lors d'épreuves de longue durée.

Encore aujourd'hui, la meilleure façon de détecter le talent d'un athlète, un coureur par exemple, consiste tout simplement à l'amener au bloc de départ et à le faire courir ! Puis, on tente de sélectionner les individus les plus prometteurs en fonction de différents critères : taille, poids, potentiel métabolique intracellulaire, type de fibres musculaires, pourcentage de tissus graisseux et autres.

Certains de ces paramètres d'ordre génétique sont déjà bien connus. « On sait que la consommation maxi-

male d'oxygène d'un marathonien est de 75 ml/kg (celle d'une personne sédentaire est d'environ 35 ml/kg) et que cette capacité ne peut être attribuable uniquement à l'entraînement », explique Jean-Aimé Simoneau.

On s'intéresse également beaucoup aux fibres musculaires. Nos muscles comportent deux catégories de fibres, les fibres à contraction rapide et celles à contraction

lente. Là encore, les chercheurs soupçonnent que des gènes sont en cause, puisque des études sur des animaux ont démontré que la génétique pouvait influencer la fabrication de protéines impliquées dans la performance de courte ou de longue durée.

Ainsi, si vous rêvez de talonner un jour Bruny Surin lors des épreuves de sprint, mieux vaut posséder des fibres à contraction (ultra !) rapide. Ces fibres sont dotées de protéines qui dégradent rapidement les substrats énergétiques, produisant ainsi plus de puissance à court terme. Les fibres à contraction lente, en contrepartie, possèdent un grand nombre de mitochondries et brûlent plus lentement leur carburant. Elles conviennent donc mieux aux efforts prolongés, comme lors d'un marathon.

culaires exceptionnelles pour les épreuves de courte durée.

Mais, pour l'instant, la seule méthode efficace pour découvrir des talents reste celle, bien connue, de l'essai/erreur. Ainsi, en Russie et à Cuba, on pratique encore ce qu'on appelle le dépistage de masse des athlètes. Une méthode pas très populaire chez nous, mais qui a fait ses preuves là-bas. Elle consiste essentiellement à soumettre les jeunes à une foule d'activités sportives, à retenir les meilleurs talents naturels, puis à mesurer leurs capacités physiologique, morphologique, anthropométrique et psychologique. Le travail à la chaîne, quoi !

Au-delà des prédispositions « naturelles » d'un individu, l'entraînement joue un

fûtage consiste donc, par exemple, à diminuer l'intensité de l'entraînement durant la semaine précédant la compétition dans l'espoir d'obtenir une performance exceptionnelle lors de l'épreuve. « D'un point de vue biochimique, ce repos facilite le processus d'adaptation de l'organisme : synthèse des protéines, augmentation des enzymes et du volume musculaire de l'athlète », précise Duncan MacDougall. Les entraîneurs ne justifient pas nécessairement une telle pratique de façon rationnelle, mais procèdent plutôt à un savant dosage entre les bonnes vieilles recettes et l'expérience acquise pour répartir la charge et le volume de travail de l'athlète.

L'entraînement en altitude est une autre méthode en vogue. Certains estiment qu'un athlète de longue distance qui s'entraîne à plus de 700 mètres peut augmenter de façon notable son taux d'hémoglobine. L'hémoglobine joue un rôle essentiel dans le transport de l'oxygène vers les tissus, et on a constaté qu'en altitude l'organisme fabrique plus de cellules sanguines et augmente son taux d'hémoglobine. « C'est une façon légitime de tricher, comparable au dopage sanguin. Cela permet d'augmenter de 5 % la capacité de l'organisme », estime Norm Glenhill, directeur du Laboratoire de la performance humaine à l'Université York, à Toronto, et ex-entraîneur sportif. Selon lui, 5 %, c'est « énorme » ! « Une amélioration de la performance d'à peine un ou deux pour cent peut faire la différence entre une première et une cinquième place au fil d'arrivée », rappelle-t-il.

La préparation mentale d'un athlète a également un effet sur son classement final. « Les problèmes de concentration, de confiance en soi et d'incapacité à maîtriser le stress sont très fréquents chez les athlètes, indique Gretchen Kerr, psychologue du sport à l'Université de Toronto. Tout athlète a une certaine volonté de gagner, mais quand cette tension n'est pas maîtrisée, elle entraîne une rigidité musculaire nuisible à sa performance. Les athlètes qui contrôlent bien l'aspect mental de la compétition sont souvent ceux qui y ont travaillé pendant des années. »

Et l'entraîneur dans tout ça ? Le physiologiste François Péronnet a tendance à lui accorder un rôle limité. « Je ne dis pas que le rôle de l'entraîneur n'est pas important, se défend-il, mais si un athlète est véritablement doué — si c'est un Carl Lewis, par exemple —, c'est certain qu'il va réussir. »

En fait, constate-t-il, « c'est souvent l'athlète qui fait l'entraîneur ! » ●



Tavernier-Labat/Sipa Sport/Photo Presse Internationale

Évidemment, le type de fibres musculaires n'explique pas tout. L'athlète doit aussi avoir le physique général de l'emploi. Les caractéristiques anthropométriques et physiologiques demeurent importantes, fait remarquer le kinésithérapeute Duncan MacDougall, de l'Université McMaster, à Hamilton. « Un athlète avec les fibres musculaires d'un marathonien mais un gabarit trapu et un cœur peu volumineux ne pourra jamais réussir dans cette discipline », précise-t-il.

Le rêve de tout entraîneur reste de savoir, dès le départ, à qui il a affaire.

Ainsi, s'il était possible de détecter dès la naissance — comme c'est le cas pour certaines maladies génétiques — la présence dans les gènes d'un fort pourcentage de fibres à contraction rapide, on saurait que cet individu aura très probablement à l'adolescence des qualités mus-

Le rêve de tout entraîneur reste évidemment de savoir, dès le départ, à qui il a affaire.

rôle majeur. « L'entraînement tente d'amener l'athlète au sommet de sa courbe de performance, soit tout juste avant le seuil du surentraînement, indique le physiologiste François Péronnet, du département d'éducation physique de l'Université de Montréal. Si l'athlète n'y parvient pas, son potentiel ne sera pas pleinement exploité, et s'il excède cette courbe, sa performance va diminuer. »

Les méthodes d'entraînement varient énormément selon les activités et souvent à l'intérieur d'une même discipline.

Prenons la technique de « l'affûtage ». On sait qu'un athlète au repos forcé pendant quelques jours a habituellement de meilleures performances par la suite. L'aff-

Jeux de coulisses

La lutte au dopage sportif est faite de victoires et de reculs. Aux Jeux d'Atlanta, ce sera plus difficile que jamais de dépister les tricheurs.

par Michaël Constantin

Atlanta, les Jeux ne se dérouleront pas seulement dans l'arène olympique : la compétition sera également très dure dans les laboratoires antidopage du CIO. Des scientifiques armés d'instruments de détection sophistiqués et des athlètes rompus à toutes les subtilités de la pharmacopée moderne s'affronteront. Les plus fûtés se sauveront avec des médailles, les autres payeront pour leur ignorance. Et sans pis pour l'idéal olympique.

C'est durant les Jeux de 1972 qu'on a compris pour la première fois que le dopage était devenu un véritable problème. Mais, depuis l'affaire Ben Johnson, la guérilla entre dopés et policiers du sport n'a pas cessé de s'intensifier. Johnson — bien malgré lui — a envoyé un message très clair aux tricheurs : seuls les plus rusés survivront ! Et ce message, les principaux intéressés l'ont parfaitement compris.

Aujourd'hui, on prescrit aux athlètes des substances tellement semblables à celles produites naturellement par leur corps qu'elles sont pratiquement indétectables. D'autres disparaissent du système sans laisser de trace en un temps record, soit à peine 24 heures. En tout, la liste des substances bannies par le CIO comprend maintenant près de 200 noms !

Pour limiter les abus, la CIO dépêche ses meilleurs soldats au front. Cet été, c'est l'Institut de biochimie de la Sporthochschule (École supérieure de sport) de Cologne, en Allemagne, qui dirigera les opérations. L'Institut était aux Jeux d'hiver de Lillehammer, en 1994, et fait partie de l'élite mondiale des labos antidopage. Selon son directeur, le biochimiste Wilhelm Schänzer, c'est également le seul à pouvoir utiliser sur une base quotidienne et intensive le *nec plus ultra* en matière de détection : le spectromètre de masse à haute résolution.



Philippe Millereau/Agence D.P.P.I./©Publiphoto

Il semble que chaque fois qu'une drogue est identifiée par une méthode de dépistage, il en apparaît une, deux ou trois autres nouvelles sur le marché noir... Une course sans fin où les tricheurs ont toujours une longueur d'avance.

Les Allemands misent beaucoup sur cet appareil qui n'est pas nouveau en soi, mais qu'ils ont adapté à ce travail spécifique. Alors que les anciennes méthodes permettaient de remonter dans le temps jusqu'à une semaine seulement, le spectromètre peut détecter des traces de drogues absorbées trois, voire quatre semaines auparavant. Fabriqués à Bremen, en Allemagne, les trois appareils qu'on utilisera à Atlanta — 500 000 dollars pièce ! — analyseront jusqu'à 60 échantillons par jour, soit environ 2 000 analyses d'urine pendant toute la durée des Jeux. Au total, l'équivalent d'un athlète sur cinq sera testé.

Est-ce suffisant ? Réaliste, le biochimiste admet « que la plupart des athlètes auront cessé à temps de consommer des drogues » et que « peu d'entre eux se feront prendre ». Quant à ceux qui échoueront le test, il s'agira souvent « d'athlètes sans expérience ou mal conseillés ».

Wilhelm Schänzer s'intéresse tout particulièrement à la détection des stéroïdes anabolisants qu'il considère comme le problème numéro 1 du sport amateur depuis une vingtaine d'années. « Les deux tiers des athlètes qui ont échoué aux tests antidopage durant cette période avaient pris des stéroïdes anabolisants », dit-il.

Utilisés « intelligemment », les stéroïdes anabolisants sont très difficiles à détecter. En effet, si l'athlète arrête d'en consommer au bon moment avant les compétitions, toute trace de la drogue aura disparu de son organisme. « Les athlètes les plus malins utilisent des préparations orales plutôt que des injections, explique-t-il. La drogue passe par l'estomac et l'intestin, elle est ensuite absorbée par le système circulatoire et éliminée plus rapidement. »

D'autres ont recours à des drogues comme la DHT (dihydrostérone), une forme concentrée de testostérone commercialisée un peu partout dans le monde sous forme de gel. Ce produit, peu coûteux, est mêlé à de la crème de massage ou à de l'alcool et appliqué deux fois par jour directement sur le thorax, les épaules et les bras. La DHT est très efficace, mais son effet est de courte durée. En contrepartie, la substance disparaît de l'organisme en seulement deux jours ! Six des dix-neuf nageuses chinoises bâties comme des culturistes mâles — mâchoires carrées et poitrines de lutteurs — qui ont échoué aux tests antidopage depuis 1992 avaient utilisé cette drogue.

À Atlanta, on analysera environ 2 000 échantillons d'urine pendant toute la durée des Jeux. Au total, l'équivalent d'un athlète sur cinq sera testé.

Néanmoins, selon Wilhelm Schänzer, les nouvelles avenues de recherche concernent moins les stéroïdes eux-mêmes que les métabolites de la drogue, c'est-à-dire les substances formées dans le corps humain à la suite de leur ingestion. En identifiant les métabolites excrétés durant une longue période, on espère pouvoir identifier les athlètes qui se droguent même si les traces de la drogue elle-même ont disparu.

Pour vérifier leurs thèses, et parce qu'ils ne peuvent tester leurs méthodes sur des cobayes humains, les chercheurs de Cologne ont choisi d'absorber eux-mêmes des doses de stéroïdes ! « Mais seulement une ou deux fois par année, s'empresse d'ajouter le docteur Schänzer. De plus, les effets secondaires sont très faibles ! » Puis, les chercheurs analysent leur urine durant plusieurs semaines, parfois jusqu'à trois mois après l'absorption de la dose.

« On cherche à découvrir la structure des différents métabolites, explique Wilhelm Schänzer. Pour certains types de stéroïdes, comme la métandiénone, on peut trouver jusqu'à 40 métabolites. Au début, ils ont des structures similaires, puis ils évoluent. Certains apparaissent après quelques jours en forte concentration et disparaissent ensuite, alors que d'autres ne se présentent que beaucoup plus tard et seulement pendant une courte période. »

Par la suite, les diverses phases des métabolites peuvent être comparées à celles obtenues à partir d'un échantillon d'urine d'un athlète ayant utilisé le même stéroïde. Grâce à cette méthode, on espère pouvoir identifier clairement les modèles d'évolution des métabolites d'un type de stéroïde et ainsi prouver son utilisation bien après la disparition complète de la drogue du corps de l'athlète.

Cependant, chaque type de substance pose un défi particulier. Certaines hormones peptides, par exemple, ont pour effet de stimuler la production de testostérone. Dans ce cas, comment savoir si le taux de testostérone mesuré chez un athlète est normal ou anormal ? Grâce à l'épitéstérone, une autre hormone. Normalement, les taux de testostérone et d'épitéstérone sont à peu près équivalents. Or, le comité médical du CIO a établi que lorsque le niveau de testosté-

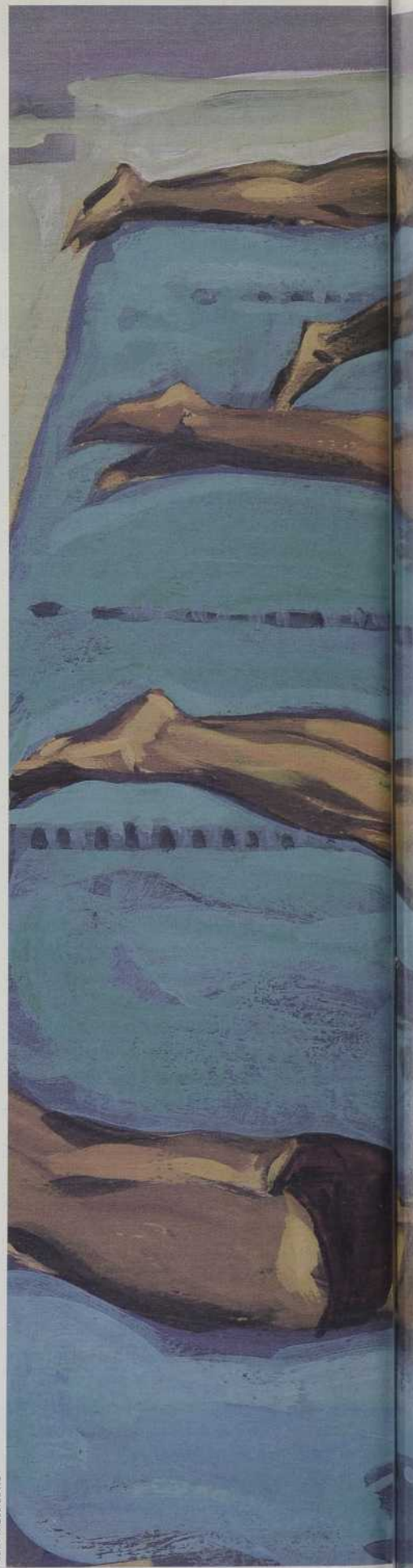
rone est six fois plus élevé que son vis-à-vis, il y avait dopage. C'est d'ailleurs ce test qui a conduit au bannissement à vie de Ben Johnson.

En fait, chaque époque a sa drogue de prédilection. Encore tout récemment, la DHT occupait le haut du pavé. Maintenant, grâce à l'identification des métabolites de la DHT, on est capable, dans une certaine mesure, de prouver son utilisation. Par contre, certains endocrinologues estiment qu'il existe déjà une vingtaine de stéroïdes similaires à la DHT encore impossibles à détecter. Un pas en avant, deux en arrière !

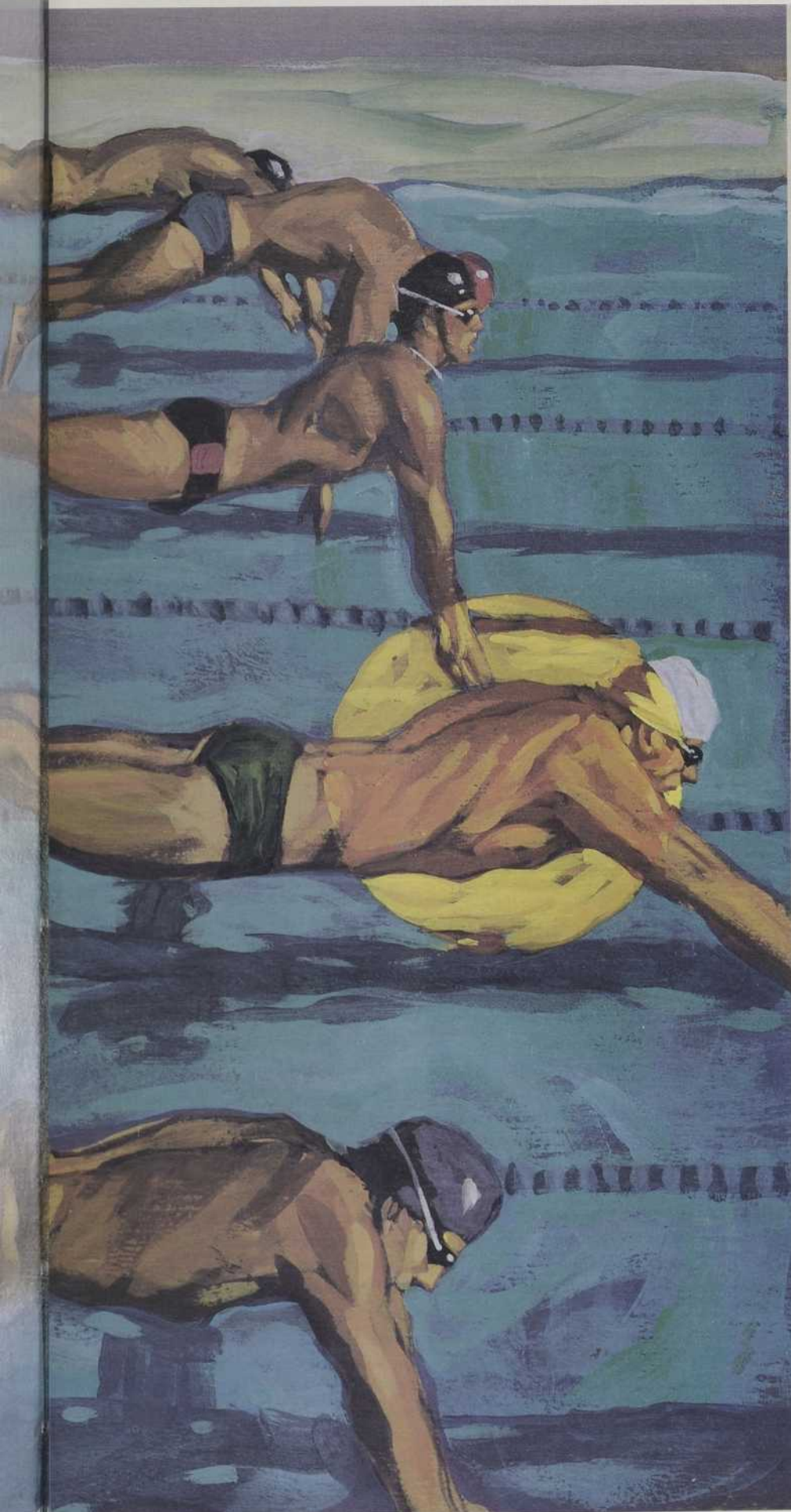
Dernièrement, une hormone peptide, l'IGF-1, d'abord introduite dans le monde du culturisme, a fait la manchette des journaux allemands. On sait que l'IGF-1 est disponible aux États-Unis et en Allemagne et qu'elle est produite en Australie, au Mexique, en Amérique et en Lituanie. Un endocrinologue munichois, Christian Strasburger, a dit de ce produit que « c'est l'équivalent d'ajouter de la dynamite aux cellules des muscles ». Le problème pour les laboratoires, c'est que l'IGF-1 se retrouve aussi à l'état naturel dans le corps, mais qu'on n'a actuellement aucune statistique sur les quantités produites normalement. Bref, on ne peut se fier sur aucune comparaison pour le dépistage. Un véritable pique-nique pour les tricheurs !

L'érythropoïétine, ou EPO, est une autre hormone très populaire. Elle a remplacé la technique de dopage par ajout de sang. Auparavant, l'athlète conservait une dose de son propre sang qu'il se réinjectait juste avant la compétition, l'ajout de globules rouges ayant pour effet d'oxygéner le sang et d'augmenter sa résistance. Maintenant, ce n'est plus nécessaire : l'EPO, également présente dans le corps à l'état naturel, stimule la production de globules rouges et est à peu près indétectable (d'ailleurs, à Atlanta, l'équipement disponible ne permettra pas de détecter l'IGF-1 et l'EPO).

Il semble que chaque fois qu'une drogue peut être identifiée par une méthode de dépistage, il en apparaît une, deux ou trois autres nouvelles sur le marché noir... Une course sans fin où la science se bat contre la science, et où les tricheurs ont toujours une longueur d'avance.



Alain Massicotte



Les six familles de drogues bannies

Les **stimulants** agissent directement sur le système nerveux et donnent un coup de fouet à l'athlète qui se sent plus alerte, plus agressif et plus combatif. Entre 50 et 100 types de stimulants sont utilisés par les athlètes, dont la cocaïne et les amphétamines. Le plus populaire est l'éphédrine, que l'on retrouve dans plusieurs médicaments contre le rhume. Les stimulants sont facilement détectables puisqu'ils doivent être absorbés juste avant la compétition et qu'ils demeurent dans le système pendant environ deux jours.

Les **narcotiques** et les **analgésiques** ne sont pas tellement populaires. Cette famille de drogues comprend, par exemple, la morphine et l'héroïne, qui combattent la douleur et provoquent un effet euphorisant, mais qui sont également très dangereuses. Plusieurs analgésiques peuvent toutefois soulager l'athlète sans mettre sa santé en danger.

Les **stéroïdes anabolisants** sont, de loin, la catégorie de drogues la plus populaire chez les athlètes. Ils comprennent la testostérone (l'hormone mâle) et ses dérivés. Utilisés durant l'entraînement et associés à une diète riche en protéines, les stéroïdes anabolisants font augmenter la masse musculaire et la puissance. Ils sont utilisés dans toutes les disciplines pour lesquelles la force est un facteur déterminant : athlétisme, natation, cyclisme, etc. Les effets secondaires chez l'homme sont souvent très graves : dérèglement du rein et du foie, inflammation de la prostate et infertilité. Chez la femme, ils provoquent la masculinisation, l'arrêt des menstruations et du fonctionnement ovarien, la calvitie et l'acné. On soupçonne également les stéroïdes de causer des problèmes cardiaques, des embolies au cerveau, et même le cancer.

Conçus pour réduire la pression artérielle et le rythme cardiaque, les **bêtabloquants** ont un effet calmant qui peut être bénéfique dans certaines disciplines, comme le tir, le tir à l'arc, le patinage artistique et le ski.

Les **diurétiques** ont deux effets. En stimulant l'excrétion d'urine, ils font rapidement baisser la concentration de drogues dans le système. Ils peuvent également aider les athlètes de certaines disciplines à perdre rapidement du poids afin de descendre de « classe ». Ainsi, un boxeur ou un haltérophile peut se retrouver dans une classe inférieure à celle où il aurait normalement dû être classé.

Les **hormones peptides** sont des substances que l'on trouve naturellement dans le corps humain. Elles peuvent stimuler la production d'autres hormones, comme la testostérone, et comprennent les hormones de croissance. IGF-1, une des nouvelles drogues sur le marché, fait partie de cette catégorie. ●

La chasse aux tricheurs

L'an dernier, la chimiste québécoise Christiane Ayotte était responsable de l'accréditation des laboratoires membres du CIO (Comité international olympique). Elle est maintenant à la tête de la commission antidopage de la Fédération internationale d'athlétisme amateur. Deux postes privilégiés pour observer les coulisses du sport amateur et du grand cirque olympique. *Québec Science* l'a rencontrée à l'INRS, où elle dirige le laboratoire antidopage.

par **Normand Grondin**



Québec Science : Depuis un an, l'équipe féminine de natation chinoise, dont plusieurs membres ont échoué aux tests de dépistage, est très critiquée. Les Américains sont particulièrement durs à son égard : ils demandent que les nageuses soit exclues des Jeux et parlent du « scandale sportif du siècle ». Ont-ils raison ?

Christiane Ayotte : Les nageuses chinoises qu'on a vues ces dernières années en compétition ressemblent physiquement à s'y méprendre aux nageuses est-allemandes des Jeux de 1976. D'ailleurs, si on avait testé les Allemandes à cette époque, la plupart auraient probablement été positives ! C'est le système est-allemand qui a été reproduit en Chine. Sauf qu'avec la qualité actuelle du dépistage des anabolisants, les nageuses ne peuvent plus s'en tirer aussi facilement. Et c'est très bien ainsi.

Si on peut comprendre que les fédérations de natation sont sur les dents, l'attitude des Américains est également discutable. J'ai témoigné récemment dans une cause impliquant une nageuse d'élite amé-

ricaine de 15 ans, Jessica Foschi. Elle a été trouvée coupable d'avoir utilisé des anabolisants, mais ses avocats ont réussi à lui obtenir une simple sentence suspendue... Pour une infraction aussi grave que celle-là, c'est un véritable scandale !

D'ailleurs, ces histoires d'athlètes d'élite qui ont les moyens de contester les résultats des tests antidopage me lèvent le cœur. Dans certains pays, chaque fois qu'un athlète obtient un test positif, on découvre comme par hasard qu'il utilisait sans le savoir une crème pour les cheveux anabolisante ou qu'il était traité pour un cancer diagnostiqué six mois plus tôt, ou n'importe quoi d'autre pour le sortir du trouble !

Q.S. : Vous dites que le dépistage est de plus en plus raffiné et efficace, mais il est

également plus coûteux. Qui a les moyens de se payer un pareil luxe ?

C.A. : Certainement pas tout le monde ! Dans toute l'Afrique, il n'y a qu'un seul laboratoire, celui de l'Afrique du Sud, et il n'y en a aucun en Amérique centrale, ni en Amérique du Sud et en Inde.

De plus, même si en théorie le Canada a un très bon programme de dépistage, nos fonds sont tellement limités qu'il risque bientôt de nous manquer d'argent pour nous procurer certains appareils né-

cessaires pour obtenir l'accréditation de nos laboratoires par la CIO !

Q.S. : Il semble que tous les laboratoires ne poursuivent pas les mêmes objectifs...

C.A. : En principe, les tests antidopage sont là pour assurer la santé et l'intégrité de l'athlète. Mais, dans certains pays, les laboratoires testent des produits sur les athlètes pour déterminer le temps qu'il leur faut pour les éliminer ! En fait, on les prépare à contourner les contrôles antidopage. Auparavant, ça se faisait dans certains pays du bloc de l'Est, mais aujourd'hui on le fait ailleurs.

Mais attention ! Le dopage est loin d'être une « affaire de pays pauvres ». Aux derniers Jeux du Commonwealth, un athlète de la Sierra Leone a terminé deuxième au 100 mètres. Sa victoire a surpris tout le monde, tellement que les gens de Victoria, où se tenaient les Jeux, l'ont pris en affection : c'était l'image parfaite du petit athlète qui se bat contre le gros système. Sauf que son test s'est révélé positif au stanozolol. Et devinez quoi ? C'est aux États-Unis, où il s'entraînait grâce à

une bourse du CIO, qu'il se faisait doper jusqu'aux oreilles...

J'ai également vu un athlète nigérien, de nationalité norvégienne, entraîné aux États-Unis et dont le test, effectué à Montréal, a été positif ! Le dopage n'a pas de frontières, ni de nationalité.

Q.S. : Vous insistez beaucoup sur l'importance d'effectuer des contrôles sans avertissement, par opposition aux contrôles habituels, où les athlètes sont pré-

venus 24 heures à l'avance. Pourquoi ?

Le plus embêtant pour les enquêteurs : les substances exotiques que l'on trouve dans les gymnases. Par exemple, des produits utilisés pour oxygéner le cerveau et d'autres pour traiter le Parkinson. Il ne faut pas se conter d'histoires : il n'y a pas d'athlètes d'élite parkinsoniens !

C.A. : Si on donne plus de 24 ou 36 heures d'avis aux athlètes, il devient presque inutile de faire un test. Certaines substances, comme la testostérone orale, disparaissent du corps humain en moins de 24 heures ! Comment voulez-vous qu'on arrive à contrôler cela ?

Le « no notice », lui, est très efficace : on arrive chez l'athlète à l'improviste, on lui demande un échantillon d'urine et on passe au labo. Évidemment, dans ces conditions, il y a plus de résultats positifs. Combien ? C'est un sujet délicat, mais on peut dire que, tous sports et pays confondus, on passe de 1 % de tests positifs à environ 5 %. Donc, cinq fois plus de cas qu'avec l'autre méthode.

Il faut ajouter qu'il y a encore des pays où il est difficile d'obtenir un visa pour al-

ler tester un athlète. Et quand on l'obtient, vous vous doutez bien qu'il est trop tard pour le prendre en défaut...

Q.S. : Il y a déjà plus de 150 substances sur votre liste de produits illégaux et il s'en ajoute d'autres régulièrement. On a l'impression que l'imagination des athlètes et de leurs entraîneurs n'a pas de limite.

C.A. : En effet. Et si on veut savoir ce qui s'ajoutera demain à cette liste, on n'a qu'à observer ce que les athlètes utilisent actuellement à l'entraînement, surtout dans les gymnases.

C'est de cette façon qu'en 1991 on a identifié le clenbutérol, un agent promoteur de croissance utilisé dans l'industrie de la boucherie. À l'époque, des inspecteurs du gouvernement québécois avait saisi des veaux et identifié le clenbutérol parmi les substances utilisées par le producteur. En même temps, la littérature culturiste commençait à parler en bien de ce produit. C'était l'occasion rêvée de vérifier le vieux dicton culturiste qui dit que « lorsque c'est bon dans l'étable, ça se transporte assez rapidement dans le gymnase » !

Durant les mois suivants, on a testé des athlètes et des culturistes et obtenu 13 résultats positifs au clenbutérol. C'était suffisant pour alerter le CIO, qui a finalement accepté de l'inclure à la liste des substances interdites. Et, au cours des Jeux de Barcelone, plusieurs athlètes ont échoué à ce test.

Ce qui m'embête le plus aujourd'hui, c'est de trouver dans les gymnases des substances assez exotiques. Par exemple, des produits utilisés pour oxygéner le cerveau et d'autres pour traiter le Parkinson. Il ne faut pas se conter d'histoires : il n'y a pas d'athlètes d'élite parkinsoniens ! Ça signifie donc qu'on est en train d'expérimenter des recettes de gourous sur des athlètes. À leurs risques et périls, bien sûr.

Q.S. : On a également l'impression que les athlètes sont prêts à tout pour gagner...

C.A. : Les athlètes sont des jeunes qui vivent dans des cocons, des cocons qui abritent également des spécialistes de la médecine sportive, des entraîneurs et des gourous. Tous ces gens-là sont prêts à les aider à se rendre au bout de leurs ressources, et parfois encore plus loin. Un peu comme un cheval de course : on va essayer n'importe quoi pourvu qu'il gagne et qu'en bout de ligne tout le monde y trouve son profit !

Les pressions sont aussi fortes sur l'athlète : parce son entraîneur, son médecin, son entourage, son université et même son pays veulent eux aussi profiter de sa



Photos : Laurent Leblanc

victoire. Mais le pire, c'est que l'athlète est berné. On ne lui explique jamais clairement les conséquences à long terme du dopage, ni le danger que cela représente pour sa santé.

Q.S. : Existe-t-il des sports où les risques de dopage sont plus élevés ?

C.A. : Il y a des sports où on trouve plus d'athlètes coupables, c'est vrai. Parce que ce sont des sports plus médiatisés ou parce que les fédérations qui les encadrent ont de meilleurs programmes antidopage. Mais il n'y a pas une seule discipline où je serais étonnée de découvrir un cas de dopage. Mis à part, peut-être, celui d'une gymnaste prépubère à qui on aurait administré des anabolisants ! Là, il me semble qu'on aurait commis une erreur...

mêmes, sinon plus importants. J'ai déjà entendu le joueur de hockey Michael Bossy raconter à la radio qu'avant certaines parties son entraîneur se présentait dans le vestiaire avec des amphétamines pour remonter le moral des troupes !

En fait, il n'y a aucune raison de croire que les professionnels sont à l'abri. Le problème, c'est qu'ils refusent d'être testés pour les anabolisants. Ils veulent bien l'être pour la cocaïne, parce que c'est une question de morale publique, mais pas pour les anabolisants.

Même les plus jeunes sont touchés. Après l'enquête sur le décès du hockeyeur John Kordic, mort d'une surdose de cocaïne, nous avons reçu plusieurs appels de joueurs de la Ligue de hockey junior ma-

remis. Aujourd'hui, il ne peut toujours pas effectuer de tests pour une compétition internationale, seulement pour les compétitions locales.

Q.S. : Les résultats des laboratoires sont également de plus en plus attaqués devant les tribunaux du sport...

C.A. : Oui. On attaque tout maintenant : la sécurité de l'échantillon (qui l'a eu en sa possession et s'il a été manipulé), la qualité de l'analyse du laboratoire et même la science derrière les tests ! D'ailleurs, je m'explique mal que de véritables chercheurs en science fondamentale acceptent d'être payés un fric fou pour se présenter en cour et mettre en doute les fondements de notre science... J'ai trop de respect pour la science en général pour aller raconter devant les tribunaux que les spécialistes d'une discipline sont des bouffons parce qu'on me paie pour le faire !

Tout ça est à l'image du procès d'O.J. Simpson : peu importe qu'il soit coupable ou non, le fait qu'on ait remis en question les tests génétiques qu'il a subis nous éclaire sur le rapport de force qui existe entre l'argent et la science.

Q.S. : Un athlète peut donc réussir, encore aujourd'hui, à se doper pendant des années sans se faire pincer ?

C.A. : C'est possible, en effet. Par contre, je suis certaine que si les athlètes étaient convaincus qu'on peut attraper tous ceux qui se dopent, ils ne le feraient pas eux-mêmes. Vous savez, mis à part les inconscients, aucun athlète n'aime avoir recours à ces produits. Au fond, il sait que s'il se fait prendre, il sera traité de tricheur. Mais il se dit que, de toute façon, tout le monde le fait et il banalise son geste pour se protéger. Sinon, c'est son médecin qui est bon, pas lui.

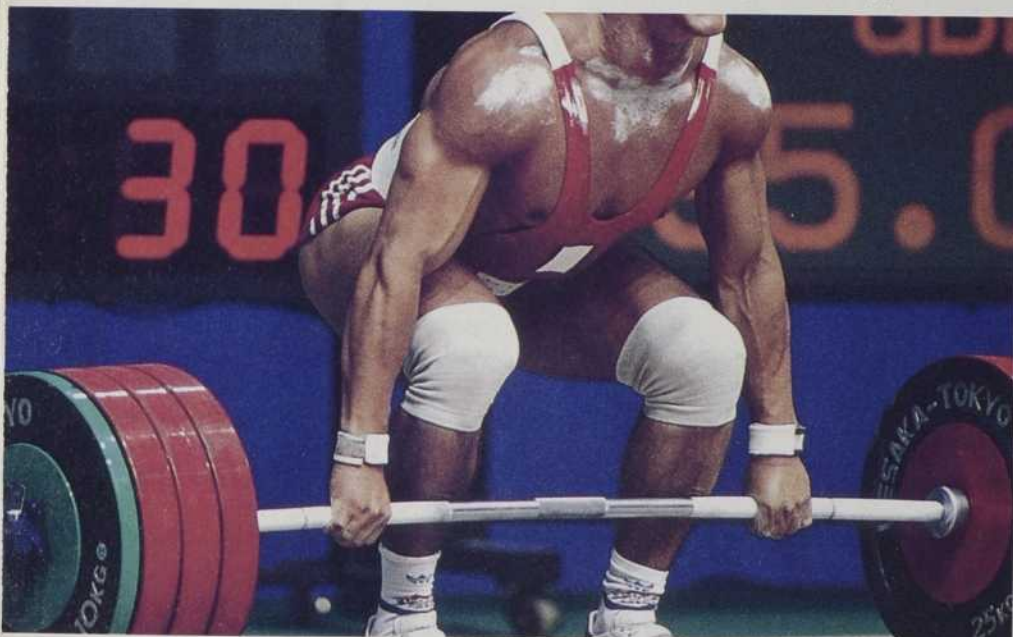
Le problème, c'est qu'on n'arrivera jamais à faire complètement disparaître le dopage.

Q.S. : Il y a quand même une éthique du sport amateur ?

C.A. : On aimerait bien le croire, mais ce n'est pas toujours le cas. La réalité, c'est que, d'un côté, il y a des athlètes pauvres et, de l'autre, des athlètes riches qui ont les moyens de s'en sortir.

Q.S. : Récemment, au moins deux athlètes canadiens handicapés ont obtenu des résultats positifs. Qu'est-ce que cela nous enseigne sur le sport amateur ?

C.A. : Je sais que cet événement a surpris pas mal de gens, mais je ne comprends pas pourquoi : un athlète est un athlète, et comme les enjeux sont les mêmes pour tout le monde, ils sont tous susceptibles, un jour ou l'autre, d'avoir un test positif. ●



Eastern/Agence D.P.I. © Publiphoto

Q.S. : Est-ce que les équipes d'athlètes professionnels qui participeront aux Jeux d'Atlanta sont soumis aux tests comme les autres ?

C.A. : Oui, mais on ne contrôle pas toute l'équipe, seulement deux ou trois individus sur le lot. Il est donc possible de passer à travers les mailles du filet.

Je me demande d'ailleurs pourquoi les athlètes professionnels ne font pas l'objet de tests de dépistage. Pourquoi ils ne sont pas protégés contre les tricheurs comme le sont les athlètes amateurs. Et pourquoi il n'y a aucun contrôle sur ce qu'ils prennent pour améliorer leur rendement. Par exemple, on peut s'interroger sur la quantité de médicaments que Mario Lemieux a pris pour continuer à jouer et sur les risques que cela représentait pour sa santé.

Q.S. : Le dopage est-il aussi « populaire » dans le sport professionnel que dans le sport amateur ?

C.A. : Pourquoi pas ? Les enjeux sont les

Les stéroïdes anabolisants sont, de loin, la catégorie de drogues la plus populaire. Utilisés durant l'entraînement et associés à une diète riche en protéines, les stéroïdes anabolisants font augmenter la masse musculaire et la puissance.

jeu du Québec qui admettaient prendre des anabolisants et des stimulants et qui s'inquiétaient soudainement de l'effet que cela pourrait avoir sur eux.

Q.S. : Votre métier n'est pas facile. La glace est mince en dessous de vous...

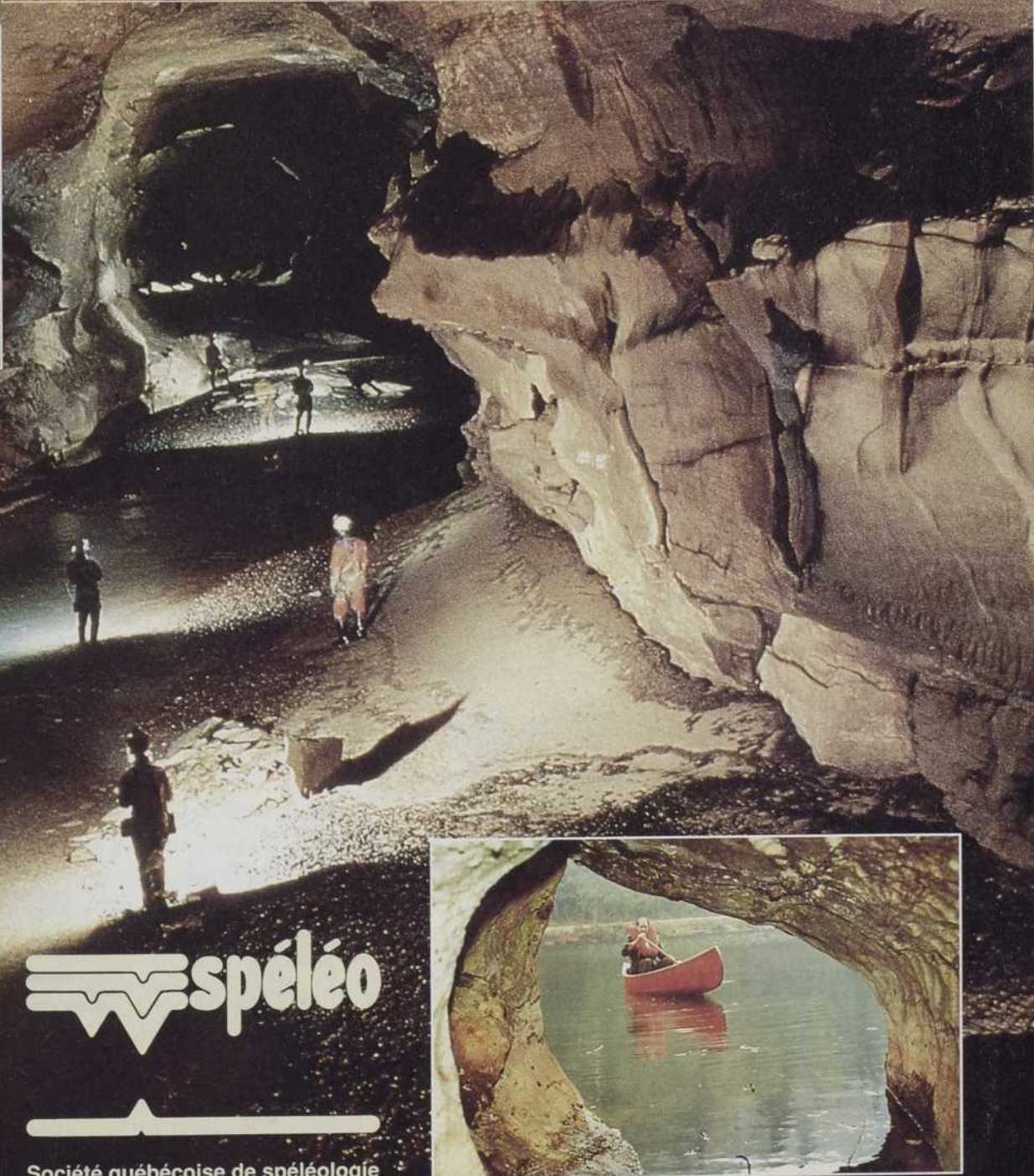
C.A. : Très mince ! Une seule erreur impliquant un athlète d'élite, même minuscule, et le laboratoire est à terre. Dans l'affaire Ben Johnson, par exemple, c'était lui ou nous !

Je me rappelle également d'un cas assez dramatique, celui d'une sprinteuse anglaise qu'un laboratoire portugais avait déclaré positive en 1994. Le laboratoire avait tort et il ne s'en est jamais véritablement

25 ANS

DE SPÉLÉOLOGIE QUÉBÉCOISE

LES DERNIÈRES FRONTIÈRES



 spéléo

Société québécoise de spéléologie

Murmures des profondeurs

« Il faut avoir entrepris de ces explorations, émouvantes, surexcitantes au plus haut degré, pour se rendre compte de leur attrait (...). Et de ces impressions si vives, si insolites, on ne se lasse jamais. »

Édouard Alfred Martel
Les abîmes, 1894

Vingt-cinq ans, c'est à la fois beaucoup au moment du bilan, mais bien peu lorsqu'on embrasse plus largement le passé et le futur d'une activité humaine. Un quart de siècle de la jeune spéléologie québécoise, c'est l'inventaire d'un patrimoine naturel jusqu'alors inconnu. C'est aussi l'introduction dans la culture québécoise d'une nouvelle science, d'un nouveau loisir et même d'un nouveau mot. Mais c'est également, et sans prétention, la création d'un lieu de mise en commun, d'un milieu associatif dynamique, microcosme social et carrefour de passions, d'intérêts diversifiés, d'engagements communautaires et même d'exploits dont la scène d'expression est la plus discrète qui soit, le monde souterrain.

Nous avons voulu en ces pages, au risque de nos incontournables choix, témoigner de l'objet, du prétexte, soit les grottes et les cavernes d'ici et d'ailleurs, tout autant que rendre modestement hommage aux personnes qui les ont d'abord convoitées puis, en quelque sorte, inventées au bénéfice des générations futures (du moins nous l'espérons). Le portrait est scientifique dans le bilan qu'il dresse des connaissances acquises du Québec souterrain. Il l'est également dans l'énoncé de certaines hypothèses originales, par diverses facettes de la spéléologie touchant notamment à sa faune, à ses applications et à ses aspects environnementaux. Les grands moments

de la petite histoire, les découvertes, les événements et les accomplissements y sont également identifiés, en plus de quelques éléments de vulgarisation.

Mais nous avons tenté de faire plus, de rendre hommage à des contributions originales créatives, souvent uniques, témoignant de la richesse de la petite communauté des « hommes des cavernes » et de l'organisme dont ils se sont dotés comme lieu de ralliement.

Nous espérons que, par-delà les croquis, les textes, les photographies et l'assemblage des exceptions et des temps forts de ce quart de siècle, transpire l'histoire de la contribution des très nombreux artisans de la spéléologie québécoise.

Les auteurs



Photos de la page couverture : Marc Tremblay, Yves Bélanger et Jacques Viau

Sommaire

Messages	3
La spéléologie, une perspective	4
Histoire de la spéléo au Québec	5
Les nouveaux hommes des cavernes .	6
La spéléo au quotidien	9
À la conquête du monde souterrain	10
De l'humour à l'écriture	12
Anatomie des grottes	13
Les grottes du Québec	16
La spéléologie de demain	22

...

25 ans de spéléologie québécoise

Supplément au magazine
Québec Science (juillet-août 1996)

Coordination : Jacques Schroeder
Département de géographie
Université du Québec à Montréal

Rédaction : Michel Beaupré,
Daniel Caron, Jacques Kirouac,
Jacques Schroeder

Graphisme : Normand Bastien
**Séparation de couleurs, pelliculage
électronique :** Film-O-Progrès

Impression : Interweb

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



Société québécoise de spéléologie
4545, av. Pierre-De Coubertin
C.P. 1000, Succ. M
Montréal (Québec) H1V 3R2
Téléphone : (514) 252-3006
1-800-338-6636
Télécopieur : (514) 252-3201

Le ministre des Affaires municipales
 et ministre responsable
 de la région Abitibi-Témiscamingue
 et de la région Nord-du-Québec



Il me fait plaisir de
 m'associer à ce numéro
 spécial marquant 25 années
 de spéléologie québécoise
 afin de souligner le travail
 exemplaire de milliers de
 bénévoles qui, au cours de
 toutes ces années, ont
 construit une organisation
 dynamique et développé
 une activité de loisir
 nouvelle et attrayante.

La participation du gouvernement du Québec et de
 ses ministères responsables au soutien des
 associations de citoyennes et de citoyens depuis
 plus de vingt ans permet de récolter des dividendes
 dans ce secteur singulier mais combien important
 pour notre patrimoine naturel et le loisir de plein air.

Je profite enfin de l'occasion pour encourager ces
 bénévoles à continuer de construire un loisir
 sécuritaire autour de la Société québécoise de
 spéléologie au même rythme et avec le même intérêt
 qu'ils ont su si bien le faire au cours de ces 25 ans.
 Les bienfaits individuels, collectifs, environnemen-
 taux et économiques des diverses formes de loisir
 sont reconnus et les bénévoles y contribuent par un
 engagement remarquable qui mérite d'être souligné.

Le ministre,

Rémy Trudel

Ministère de l'industrie, du Commerce,
 de la Science et de la Technologie

Ministre déléguée



Parmi les caractéristiques
 du milieu scientifique, il y a
 évidemment la curiosité, la
 persévérance et la rigueur.
 Les gens de la Société
 québécoise de spéléologie,
 la discipline au carrefour du
 loisir et de la science, en ont
 ajouté une autre : la passion.
 La passion de la découverte,
 la passion du dépassement
 de soi, une passion qui les a

occasionnellement conduits au-delà de nos
 frontières pour développer leur discipline et une
 activité tout à fait particulière.

Le patrimoine naturel souterrain nous invite à la
 recherche de la « Terra incognita » et offre les
 derniers bastions d'une découverte encore
 accessible aujourd'hui, chez nous, sur notre
 territoire. Il est une porte ouverte sur l'inconnu que
 nous avons à apprivoiser, à développer, à connaître
 et à apprécier.

Je veux donc féliciter ceux et celles qui ont su
 démontrer tant de dynamisme et de professionna-
 lisme au cours des ans. Notre soutien à cette
 production, bilan d'un quart de siècle
 d'engagement et de passion présenté dans une
 forme accessible, illustre éloquemment les liens
 humains entre la science, le loisir, l'environnement et
 la culture. Nous en sommes très heureux.

La ministre,

Rita Dionne-Marsolais

La spéléologie, une perspective

Activité de plein air unique, la spéléologie permet de rétablir un contact intime avec la nature, partant avec soi-même.

La spéléologie est un mot jeune qui vient juste de fêter son premier centenaire. En effet, c'est en 1894 que le préhistorien français E. Rivière l'inventa à partir du grec *spêlaion* (caverne) et *logos* (discours, savoir), un peu comme on dit bio-logie, géo-logie, etc.

Cependant, les cavernes accompagnent l'humanité depuis si longtemps que l'on peut quasiment dire depuis toujours. Béantes, avec leurs ouvertures obscures au cœur des roches, les cavernes attirent, fascinent et protègent les ancêtres de l'homme moderne.

Homo erectus y a trouvé refuge, il y a 1,5 million¹ d'années en Géorgie, et ses descendants lointains, ayant inventé le feu, y laissent leurs traces de la Chine à l'Europe occidentale plus d'un million d'années après. Mais c'est avec l'émergence d'*Homo sapiens*, il y a à peine 100 000 ans, que les cavernes sont fréquentées en profondeur, du moins dans l'Ancien Monde.

Car au cœur de cette période, le Québec, comme tout le nord-est de l'Amérique du Nord, est couvert d'un immense manteau de glace, un inlandsis épais de plusieurs kilomètres, comme le sont aujourd'hui le Groenland et l'Antarctique. Si bien qu'il faut attendre 10 000 ans avant notre époque pour que le Québec méridional d'abord soit libéré des glaces, puis des lacs immenses et des mers que la fonte de l'inlandsis a engendrés.

Conséquences : les roches constituant le squelette du paysage sont couvertes dans leurs parties basses de dépôts et, lorsqu'elles dominent le paysage, elles portent les traces du froid dues à l'érosion glaciaire ou à la dislocation et à la ségrégation périglaciaire. Ces derniers phénomènes sont liés au gel permanent du sol. Comme le continent continue à se relever, les rivières cherchent de nouveaux chemins pour descendre des montagnes, joindre les lacs et creuser dans les dépôts obstruant les dépressions... Toutes cherchent à suivre l'immense Saint-Laurent qui, coulant sur, puis dans des dépôts marins et glaciaires,

Je suis Elzée, la salamandre-spéléologue et la mascotte de la grotte de Saint-Elzéar.

La spéléologie

Elle a pour objet l'exploration et l'étude des cavernes. Elle est au milieu souterrain ce que l'océanographie est au milieu marin. Par elle, on apprend à connaître les cavités naturelles souterraines, leur genèse et leur évolution, le milieu physique qu'elles représentent, leur peuplement biologique, les moyens et les techniques propres à leur examen, ainsi que leurs relations avec l'environnement naturel et humain.



F. Miville-Deschênes

retrouve son chemin séculaire entre le Bouclier canadien et les Appalaches. Le long des rivières du Québec, qui ne connaît ici une chute, là un canyon ou des rapides plus ou moins impétueux?

Ces eaux courantes sculptent donc la roche. Or, la très vieille histoire géologique du Québec, qui remonte à près de quatre milliards d'années, a parsemé le socle rocheux de roches solubles à l'eau : des lentilles de marbre dans le Bouclier, des calcaires de plateforme dans les basses terres du Saint-Laurent, des calcaires plissés dans les Appalaches et un peu de gypse aux îles de la Madeleine.

De ci de là, les eaux courantes se sont donc enfoncées dans les roches solubles, y creusant, agrandissant, rajeunissant le patrimoine naturel le plus étonnant du Québec : les grottes. Car il faut bien parler d'un patrimoine! En effet, le travail obstiné des spéléologues du Québec durant un bon quart de siècle a permis de

découvrir, observer, étudier, aménager plus de 300 grottes d'une variété inattendue.

On y trouve des grottes sculptées par l'eau il y a quelques millénaires à peine, alors que d'autres sont apparues il y a plus de 200 000 ans... avant de s'effondrer ou d'être colmatées. D'autres doivent leur existence à la circulation d'eau sous pression à la semelle des immenses glaciers qui ont couvert le Québec ou à la dislocation du socle rocheux sous la poussée de ces mêmes glaciers. Enfin, sur les flancs des montagnes, aujourd'hui allégés des glaces, des pans entiers de roche se décollent lentement, créant des cavités dites mécaniques.

Apparues donc grâce à l'eau, sous la pression des glaces ou par gravité, les cavernes du Québec constituent aujourd'hui un ultime lieu où l'on apprend à découvrir les lois de la nature, à apprivoiser l'obscurité et, enfin, à faire la seule rencontre qui compte : se trouver soi-même.

En effet, le milieu souterrain constitue un endroit privilégié de défi, de détente et d'éloignement de la vie trépidante que nous menons tous. C'est un cadre exceptionnel pour établir un contact étroit avec la nature, pour aller à la redécouverte de soi et des autres, sans parler des nouvelles découvertes.

De plus, dans l'obscurité totale au cœur de la terre, les spéléologues s'imposent des normes de sécurité concernant leur comportement et leur matériel, car le monde de l'éternelle nuit n'est pas fait pour eux. Mais que d'émerveillement, de beautés aperçues, découvertes, partagées à la croisée des faisceaux de leurs lampes.

Revenus à la surface, les spéléologues ne sont plus les mêmes. De leurs aventures, ils enrichissent leur univers intérieur, qui en dessinant, qui en étudiant, qui en écrivant... ou en rêvant.

C'est de tout cela dont il va être question : le monde souterrain québécois au propre comme au figuré.

¹ Les nombres d'années ont été chaque fois arrondis pour en faciliter la mémorisation.

Histoire de la spéléo au Québec

Les cavités souterraines du Québec sont formées depuis des millénaires, mais l'engouement pour la spéléologie y est un phénomène relativement récent.

Au Québec, certains abris-sous-rochers ont été utilisés par les Amérindiens il y a plusieurs centaines, voire milliers d'années, relativement peu de temps après le retrait des glaciers et des grandes mers qui leur ont succédé. Mais ce n'est qu'au début du XIX^e siècle qu'on retrouve des signalements ou des descriptions succinctes de quelques-unes de ces cavités, une quinzaine de textes disparates, généralement écrits par des naturalistes et qui ne traitent, le plus souvent, que de petites cavités. Une dizaine de grottes au maximum sont alors connues.

Ce n'est qu'à partir de 1940 qu'un certain nombre d'auteurs publient divers articles de journaux, notes techniques ou études sur les phénomènes géologiques, les sites archéologiques, les habitats de chauves-souris ou décrivant de simples visites. Jean Corbel, géomorphologue français, publie en 1958 une première étude scientifique sur la dissolution des calcaires au Québec. Le père Léo Brassard, clerc de Saint-Viateur à Joliette et naturaliste, fut sans doute le plus fervent spéléologue de cette époque : il publie une quinzaine d'articles sur les cavernes du Québec et résume le tout en 1963. À cette époque, on connaît une trentaine de cavités naturelles, dont deux sont déjà commercialisées (Laflèche et Desbiens).

À la fin des années 60, plusieurs petits groupes autonomes d'étudiants, fortement intéressés par l'exploration et l'étude des cavernes du Québec, apparaissent. Ils unissent leurs efforts et forment successivement le Club spéléologique canadien, le Club spéléologique québécois et, en 1970, la Société québécoise de spéléologie (SQS). Avec la naissance de cet organisme provincial, l'effort de compilation et d'organisation des données disponibles s'intensifie, de sorte qu'en peu de temps près de 100 cavités sont inventoriées (grottes, abris, éboulis, fractures de décollement).

Au cours des années 70, on assiste à un accroissement sans précédent des activités spéléologiques tant d'exploration que d'études scientifiques. Des inventai-

res et des bibliographies détaillées sont préparés, des classifications élaborées, des camps de recherche mis sur pied (Matapédia, Anticosti, Gaspésie, Lac Saint-Jean), de grands jamborees organisés annuellement, des sujets d'étude amorcés (karst d'Anticosti, de La Rédemption, dissolution des carbonates).

Parallèlement, la SQS prend de l'assurance et crée diverses commissions (matériel et techniques, recherche, enseignement, sites cavernicoles) ainsi que des spéléo-clubs dans plusieurs régions du Québec. Les échanges avec des organisations similaires d'autres pays permettent aux spéléologues québécois d'améliorer leurs connaissances et leurs habiletés tout en participant à différents camps de recherche et d'exploration. La Société possède alors un secrétariat permanent, une bibliothèque bien étoffée, un dépôt de matériel commun, des bénévoles enthousiastes, des enseignants et un encadrement de haut niveau. Ses activités sont en partie subventionnées par le gouvernement du Québec.

Au début des années 80, la SQS a presque atteint une pleine maturité comme organisation. Elle est donc prête à aborder la scène nationale et internationale, en plus de traiter de nouveaux dossiers plus techniques, administratifs ou politiques. Ses membres participent à plusieurs grandes expéditions internationales; la firme Speltech est créée; on assiste à la naissance des travaux acrobatiques; et des plans d'aménagement sont élaborés pour différentes grottes du territoire. Deux productions importantes, à quelques années d'intervalle, marqueront la décennie et constitueront, en quelque sorte, des tributs aux artisans de la spéléologie québécoise. Ce sont la parution, en 1986, de *Découvrez le Québec souterrain*, publié par Québec Science éditeur, puis, en 1989, la sortie du long métrage *Le Trou du diable*, du réalisateur Richard Lavoie.

Les bases ainsi jetées servent d'assises à la présente décennie d'activités pour laquelle, même si le contexte économique défavorable ralentit quelque peu les ardeurs, les projets ne manquent pas.

25 ans de spéléologie au Québec

- 1970 Fondation de la Société québécoise de spéléologie.
- 1971 Création de l'École québécoise de spéléologie.
- 1973 Premier rassemblement provincial de spéléo dans le Parc de la Gatineau, dans l'Outaouais.
- 1974 Parution du magazine *Spéléo-Québec*.
- 1978 Parution du bulletin *Le Troglophile*.
- 1980 Début du programme d'animation à la caverne de Saint-Léonard. Quarante mille visiteurs à ce jour.
- 1985 Parution du magazine *Sous Terre*.
Formation de Speltech, première firme québécoise de travaux acrobatiques et d'expertise spéléologique.
- 1986 Publication du livre *Découvrez le Québec souterrain* par Québec Science éditeur.
- 1989 Premier long métrage *Le Trou du diable*.
- 1992 Publication intégrée des magazines *Sous Terre* et *The Canadian Caver*.
- 1993 Première du vidéogramme *Svalbard ou les explorations intra-glaciaires*.



F. Miville-Deschênes

Les nouveaux hommes des cavernes

Aux yeux du profane, la conquête de galeries souterraines inexplorées peut paraître inutile et peu attrayante. Pour le spéléologue, même la cavité la plus modeste mérite son attention et soulève son enthousiasme.

On peut parfois se demander si le spéléologue n'est pas la réincarnation de la taupe ou de la chauve-souris, tant les vides souterrains et l'obscurité totale exercent sur lui un attrait irrésistible. Il semble parfois éprouver une telle passion, une telle motivation devant l'éventualité de la découverte d'une grotte encore inconnue que l'on peut se permettre l'analogie avec les motivations qui poussent les grands explorateurs.

À l'image des premiers géographes, les spéléologues parcourent et étudient l'espace souterrain avec la rigueur du scientifique et l'engouement de l'aventurier en quête d'un nouveau continent. En fait, la spéléologie permet vraisemblablement la découverte des dernières terres vierges de la planète ou du moins des derniers endroits où les technologies modernes ne peuvent encore remplacer les hommes



Pierre Bergeron

Éloge de la persévérance

Le Trou du diable, par Richard Lavoie, 1989. Produit en collaboration avec la SQS et ses membres. Long métrage : 80 min; vidéo : 56 min.

Tourné en 1988 dans plusieurs grottes du Québec, le long métrage québécois *Le Trou du diable* « ...n'est à proprement parler ni une fiction ni un documentaire, mais plutôt ce que j'appelle un documentaire dramatique, une densification du réel... », selon le réalisateur et scénariste Richard Lavoie. Recherche à l'arraché d'un vide souterrain froid, humide et boueux dont le pouvoir attractif n'est explicable qu'à travers une immense curiosité et un intérêt presque mystique pour la rencontre de la terre et de l'eau, c'est à une « quête de l'inutile » que le spectateur est convié.

Point n'est besoin d'un potentiel record du monde, de la célébrité des inventeurs ou de l'enrichissement individuel pour justifier l'effort colossal et la persévérance des spéléologues qui creusent littéralement « une première caverne » pour atteindre celle qu'ils imaginent dans leurs rêves les plus fous. Avec pour fil d'Ariane la découverte de la plus grande grotte du Québec en 1978, ce long métrage expose toute l'histoire et la passion de ces « taupes humaines ». Il présente d'abord, à la surprise du spectateur, l'espace souterrain encore vierge de toute visite. Ailleurs, il l'invite à éprouver la claustrophobie ressentie à l'intérieur d'un interminable boyau exigu et le vertige éprouvé sur le clocher d'une église montréalaise, suspendu à une simple corde.

Le Trou du diable est bien sûr de nature documentaire, mais c'est également un continuum dramatique efficace et respectueux de ces « explorateurs du dimanche » qui ont choisi de troquer la chaude lumière du jour pour l'obscurité et le mystère de l'abîme.

lorsqu'il s'agit de les explorer.

L'une des originalités de cette bande méconnue d'explorateurs qui, en semaine, se confondent dans le cycle métro-boulot-dodo, c'est qu'ils découvrent encore, à l'aube de l'an 2000, un « gisement » presque illimité de grottes et de gouffres partout dans le monde. Durant les week-ends et les vacances estivales en particulier, ils arpentent des kilomètres de galeries nouvelles, dévalent des centaines de mètres de puits, s'insinuent dans les moindres recoins du sous-sol et étudient un



Daniel Caron

patrimoine naturel insoupçonné, parfois en pleine zone urbaine ou non loin de celle-ci. Chaque année, ils mettent au jour, aux quatre coins du monde, quelques centaines de kilomètres de galeries dans des milliers de cavités naturelles différentes.

Loin de se satisfaire de cette moisson de découvertes et d'aventures, une partie de ces « explorateurs du dimanche » sont aussi des adeptes de l'« aventure extrême », comme on se plaît à la qualifier dans le monde des médias. Pratiquement devenus des professionnels de l'aventure tant ils y consacrent ressources, temps et énergie, ils s'orienteront vers des expéditions spéléologiques dans des lieux déjà reconnus comme terres d'aventures (pôles, jungles, hautes montagnes), cher-

chant des abîmes toujours plus profonds, pénétrant au cœur des glaciers ou plongeant dans d'immenses réseaux de galeries noyées, parfois au fond de vastes gouffres.

Originaires d'une contrée aux cavités plutôt modestes, les spéléologues québécois ont de leur côté réussi à maintenir un niveau élevé de pratique et une ouverture sur le monde qui leur ont permis de se distinguer à plusieurs reprises à l'étranger. Ils ont ainsi contribué à l'étude et à l'exploration de plusieurs cavités importantes au Canada, aux États-Unis, en France, au Mexique, en Norvège et en Papouasie-Nouvelle-Guinée !

Pour saisir l'ambiance de ces grandes aventures souterraines, voici un extrait d'un compte rendu d'exploration à la Torca Uriello (un gouffre de -1 017 m), en Espagne. « Jeudi, les équipes reviennent du gouffre l'une après l'autre. Benoit et Roger dans la nuit, à 1 h 30, Richard et Jacques au lever du jour, à 5 h, et enfin Richard et Alain à 10 h. Imaginez Alain, solide gaillard entraîné par plusieurs années de vélo et de spéléo, arrivant au dernier fractionnement avant la sortie (point d'attache de la corde au haut du puits), le geste ralenti par 23 heures de progression, la combinaison virant au brun, la figure de la même couleur, s'exclamant : « Mes amis, en bas, c'est l'enfer ! »

Mais d'où vient une telle passion ?

Le véritable cavernicole s'installe dans les grottes en quête d'obscurité. Le spéléologue, mû par son insatiable curiosité, semble plutôt motivé par la volonté de voir ce que cache cette obscurité. Ce prétexte le pousse d'ailleurs, même dans les cavités naturelles souterraines très fréquentées, les « classiques », à repousser



Daniel Caron

F. Miville-Deschênes



Marc Tremblay

les frontières du connu. Il y est aux aguets de la galerie qui aura échappé à tous ceux qui l'ont précédé; il interprète le moindre indice morphologique, hydrologique ou climatique afin de déceler les possibilités d'un prolongement ignoré de la cavité. Cette façon d'aborder les grottes aura tôt fait de transformer les simples visites en une démarche plus scientifique, une participation plus active à l'acquisition de connaissances sur le patrimoine naturel souterrain.

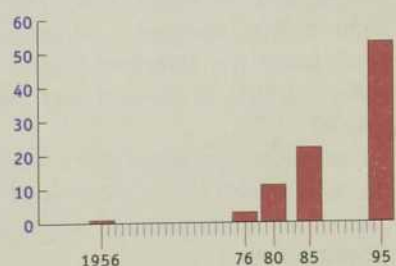
Ainsi donc, nos « cavernicoles », d'abord mus par la curiosité, la recherche de sensations et le défi sportif, subiront une mutation qui, sans renier leurs premières motivations, les conduiront à envisager la pratique de la « spéléo » comme un authentique carrefour de l'aventure et de la science !

De simples utilisateurs du milieu souterrain, ils deviendront peut-être des *Homo speleologicus quebecensis*, mais leur amour pour les grottes et l'obscurité ne se traduira jamais, heureusement, par l'acquisition de deux caractères adaptatifs des véritables cavernicoles : l'anophtalmie et la dépigmentation !

1 000 mètres sous la terre

L'exploration de gouffres de plus de 1 000 mètres de profondeur illustre bien la progression des découvertes au cours des 40 dernières années.

- Le premier -1 000 est exploré en 1956.
- Le troisième -1 000 est exploré en 1976.
- Onze -1 000 sont répertoriés en 1980.
- En 1985, le nombre de -1 000 explorés passe à 22.
- Ce nombre atteint 53 en 1995.





Les glacionautes sont arrivés

Ultime frontière de la spéléologie, les glaciers sont à leur tour explorés par des spéléologues américains, italiens, français, polonais, tchèques et québécois principalement. Ils découvrent et étudient les cavités que les eaux de fonte surcreusent dans le corps des glaciers à partir du réseau de crevasses, ainsi que les tunnels sous-glaciaires. Bien que plus facile, l'exploration des tunnels sous-glaciaires est dangereuse à cause de l'instabilité des voûtes.



Photos : Jacques Schroeder

L'appel de la pelle !

Les plus longues grottes québécoises ont un profil plutôt horizontal (au grand dam des amateurs de gouffres). Elles se développent principalement dans de grandes vallées et à proximité de cours d'eau majeurs, entraînant l'omniprésence de matériaux meubles glaciaires, fluviatiles, marins ou lacustres qui auront la fâcheuse tendance (selon les mêmes spéléologues) à ralentir le creusement en protégeant les roches calcaires des agressions des eaux ou encore à obstruer (ce qui est pire, paraît-il) les conduits souterrains ou même les orifices des cavités.

Très tôt, les amateurs de spéléologie ont été confrontés à une incontournable réalité. Les conduits de nombreuses grottes québécoises sont totalement ou partiellement encombrés de sédiments meubles, abandonnés par des eaux n'ayant plus l'énergie pour assurer leur transport. Argiles, silts, sables, graviers, cailloux et blocs se déposent donc dans les drains naturels du sous-sol.

Pour exhumer les grottes ainsi bouchées ou atteindre des galeries qui n'auraient pas été comblées par les dépôts, les spéléologues (les vrais ne perdent jamais espoir) ont recours à la désobstruction.

Délaissant le matériel sophistiqué et les techniques requises pour l'exploration de gouffres verticaux (cordes, ascendeurs, descendeurs, et autres pièces de l'équipement usuel), ils se transforment par nécessité en véritables taupes évitant les boyaux rocheux des alluvions déposées par les eaux. Qu'on se console, ils ne creusent pas de tunnels dans le roc, comme le font les mineurs, ils dégagent plutôt des galeries naturelles déjà existantes. Ici, la pelle, la truelle et les chaudières sont de mises. Ajoutez à cela une tonne de persévérance et de courage...

Le chantier le plus « payant » :

la grotte de Boischatel avec ses 3 kilomètres de galeries.

Le chantier le plus imposant :

le Spéos de la fée, dans la vallée de la Matapédia, avec ses 1 500 tonnes de sédiments extraits de la grotte.

Le chantier le plus éloigné :

L'Abîme du chevreuil, sur l'île d'Anticosti.

La découverte fortuite :

la caverne de la rue Saguenay, à Saint-Léonard.

La spéléo au quotidien

Au Québec, la spéléologie est une activité accessible. À la Société québécoise de spéléologie, les profanes trouvent adeptes, spécialistes, renseignements pertinents et même le matériel nécessaire aux expéditions.

La SQS regroupe les forces vives de la spéléologie québécoise et offre des renseignements sur tout ce qui concerne la spéléologie au Québec et dans le monde. Par exemple, trois fois par année, la Société édite *Sous Terre*, le magazine officiel de la spéléologie québécoise. Elle possède également une des plus importantes collections de livres, de revues et de documents sur la spéléologie en Amérique du Nord.

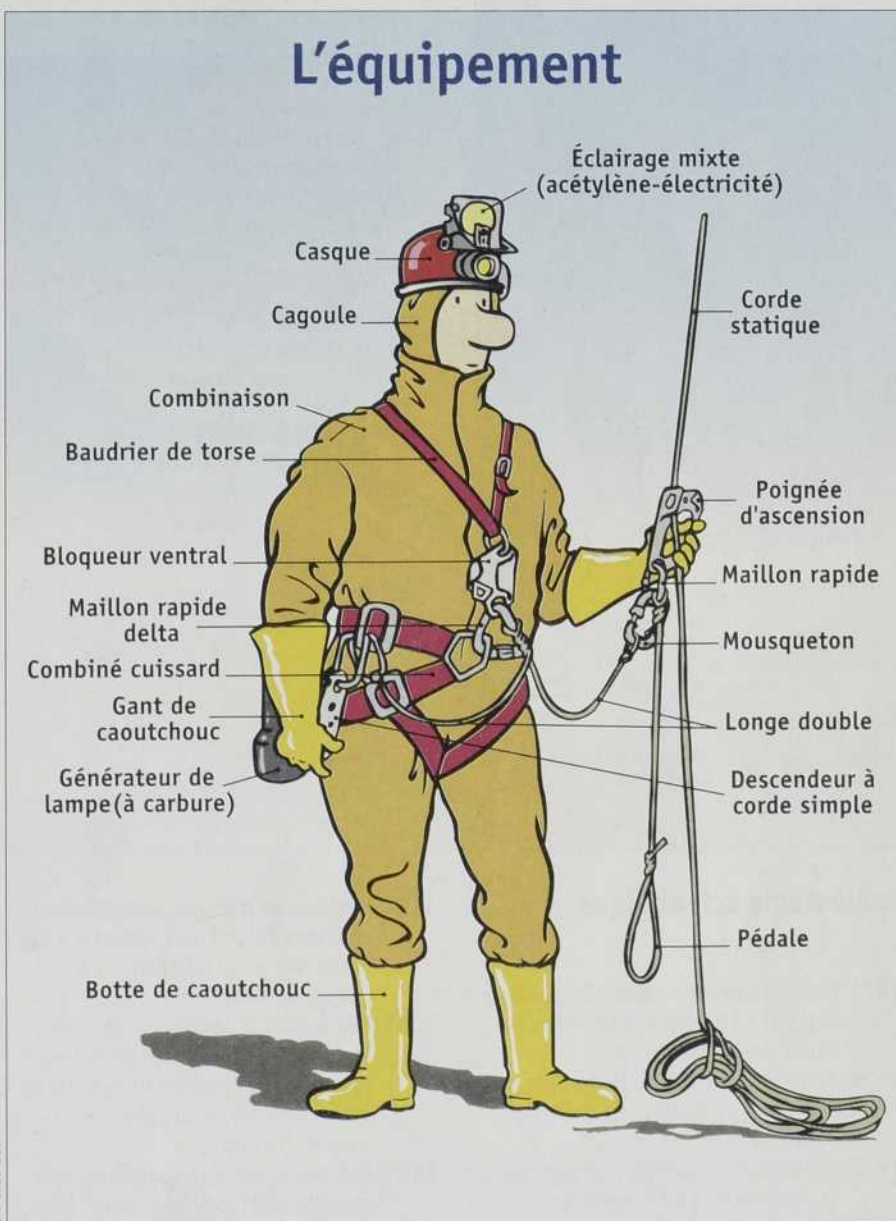
Provenant de toutes les régions, les membres de la SQS se sont dotés d'une structure démocratique qui assure le bon fonctionnement de cette discipline en matière de développement, de formation, de communications, de manifestations, d'expéditions et de services aux membres. L'organisme reçoit aussi l'aide financière du gouvernement du Québec par l'entremise du ministère des Affaires municipales (qui a pris la relève du ministère du Loisir).

En 1971, la SQS a créé l'École québécoise de spéléologie pour s'occuper spécifiquement du dossier de la formation. Au fil des ans, l'École a développé un programme de formation qui répond autant aux besoins du débutant que de l'expert. L'École entretient des relations avec d'autres sociétés dans le monde, et ses cadres ont tous suivi une formation ou acquis de l'expérience en participant à des expéditions et par des échanges avec l'étranger.

Une formation continue est offerte aux membres les plus aguerris : des expéditions au Mexique, permettant de travailler dans des gouffres de longueur et de profondeur plus qu'intéressantes, demandent un entraînement et une endurance qui mettent à l'épreuve leurs connaissances et leur compétence.

Devenez spéléologue d'un jour

La SQS offre également des expéditions permettant à des groupes de spéléologues en herbe de s'initier aux merveilles du monde souterrain. Une aventure qui les mène de surprise en surprise, bien qu'avant l'expédition les organisateurs donnent toutes les informations et fournissent le matériel nécessaire pour que les participants aient le moins de mauvaises surprises possible. Encore aujourd'hui,



malgré tous les efforts pour décrire ce milieu très particulier, les gens sont toujours étonnés par ce qu'ils y trouvent. « Je ne pensais pas que c'était si noir... », diront-ils, comme si le noir pouvait avoir une densité.

Somme toute, l'expérience en vaut la peine. On ne peut pas y découvrir de l'or, mais, rassurez-vous, les chauves-souris sont des mammifères relativement rares sous terre au cours de l'été (de toute façon, c'est bien connu, elles ne s'atta-

quent pas aux cheveux). Et il y a de l'air partout, sans problème. Venez donc nous rencontrer sous terre, vous ne le regrettez pas !

Société québécoise de spéléologie

4545, avenue Pierre-De Coubertin
(au sous-sol du Stade olympique)

Montréal et sa région :

(514) 252-3006

Ailleurs au Québec : 1 800 338-6636

À la conquête du monde souterrain

Au Québec, depuis les années 70, la spéléologie s'est développée sous deux formes : la recherche scientifique et l'exploration souterraine.



Spéléologie scientifique

- 1973** Premier camp de recherche spéléologique à La Rédemption, dans la vallée de la Matapédia.
- 1976** Publication d'une bibliographie de 260 titres spéléologiques québécois (1822-1975).
- 1977** Découverte de perles cubiques dans la Caverne de Castleguard, en Colombie-Britannique.
- 1979** Dépôt d'un mémoire de maîtrise sur le karst de la rivière aux Saumons, à l'île d'Anticosti. Dépôt d'une thèse de doctorat sur les grottes de la rivière Nahanni, dans les Territoires du Nord-Ouest.
- 1980** Publication du livre *Le karst de plate-forme de Boischatel et le karst barré de La Rédemption, état des connaissances*.
- 1982** Premières hypothèses sur l'origine glaciotectonique des cavernes.

- 1984** Réalisation d'études scientifiques et élaboration d'un concept d'aménagement pour la grotte de Saint-Elzéar, en Gaspésie.
- 1985** Réalisation d'une étude des vides souterrains situés sous les infrastructures urbaines de Boischatel et aménagement sécuritaire des entrées de la grotte.
- 1987** Premier inventaire biospéléologique des grottes québécoises. Une quarantaine d'espèces sont identifiées.
- 1988** Début des études sur les cavités glaciaires en région polaire. Ce projet est une action conjointe de la SQS, de l'UQAM et de l'Université de Silésie (Pologne).
- 1995** Choix d'un concept spéléologique de mise en valeur pour la caverne Lafleche, 130 ans après sa découverte.



Explorations souterraines Au Québec

- 1972** Découverte de la Galerie Lise dans la caverne Lafleche. Galerie comportant le plus grand nombre de concrétions au Québec, elle sera vandalisée par la suite.
- 1974** Premières explorations sur l'île d'Anticosti. Découverte du karst de la rivière aux Saumons.
- 1975** Découverte de la grotte de la Saint-Jean, au Lac Saint-Jean.
- 1977** Découverte de la grotte de Saint-Elzéar de Bonaventure, riche en vestiges paléontologiques et en concrétions.
- 1977** Découverte de la Grotte Toute-en-Marmites, au Lac Saint-Jean.
- 1979** Découverte de la grotte de Boischatel après plusieurs années de désobstruction. Introduction de la plongée spéléologique au Québec.
- 1981** Découverte d'une caverne importante à Saint-Léonard, sur l'île de Montréal. Près de 300 mètres de galeries explorées sous les rues et les résidences.
- 1982** Les spéléologues de La Rédemption extraient 1 500 tonnes de sédiments en deux ans au Spéos de la fée dans la Matapédia. La grotte de Boischatel atteint 3 km de longueur, un record pour l'est du Canada.
- 1986** Découverte d'un important réseau souterrain subaquatique dans l'Outaouais. Longueur potentielle : 10 km.
- 1988** Le spéléologue Jean Lamarre perd la vie au cours d'une plongée d'exploration dans une caverne de l'Outaouais.

Dans le monde

Les spéléologues québécois ont participé à l'exploration de nombreuses cavernes à travers le monde.

- 1978** Une équipe franco-québécoise visite le gouffre Berger jusqu'à -1 122 mètres.
Des Québécois redécouvrent la Rat Room d'Overholt Blowing Cave en Virginie-Occidentale, 18 ans après les premiers explorateurs américains.
- 1979** Participation à l'exploration post-siphon et à une jonction qui portent à -1 008 mètres la cote du réseau français de la Coumo Houarnedo.
- 1980** Découverte du Boulevard du Québec et d'un second bouchon de glace à 10 kilomètres de l'entrée de Castelguard Cave, en Colombie-Britannique.
- 1985** Première expédition québécoise autonome dans un -1 000 mètres.
Dix-huit spéléologues explorent la Torca Uriello, en Espagne, jusqu'à la cote -1 018 mètres.

1985 Participation à une expédition nationale française en Papouasie-Nouvelle-Guinée.

1987 Début du projet Mexpé. Des dizaines de kilomètres de galeries seront explorés en cinq expéditions (1987, 1988, 1990, 1993, 1995) dans les gouffres de la Sierra Negra, au Mexique.
Découverte du Puits P'tit Québec, un P 329 intérieur, dans la Sierra Negra, au Mexique. Record mondial.

1988 Début du projet Svalbard. Série de six expéditions (1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1994) d'exploration intra-glaciaire en région polaire.

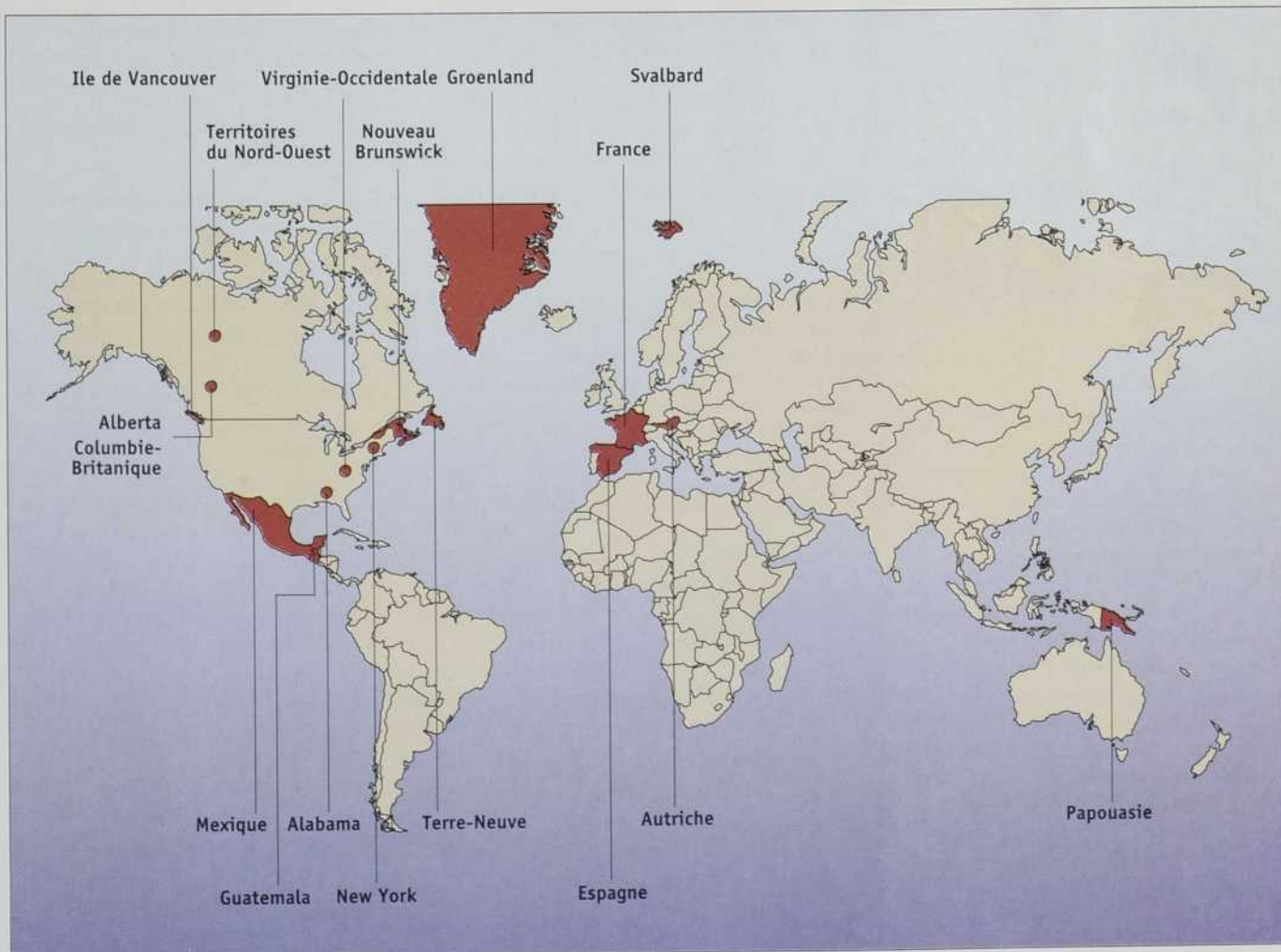
1990 Participation à l'exploration du Lamprechtsofen (-1 485 mètres), en Autriche.

1993 Participation aux Jeux pyrénéens de l'aventure, en France et en Espagne.

1994 Participation à une expédition d'exploration intra-glaciaire au Groenland.



Jean Lamarre



De l'humour à l'écriture

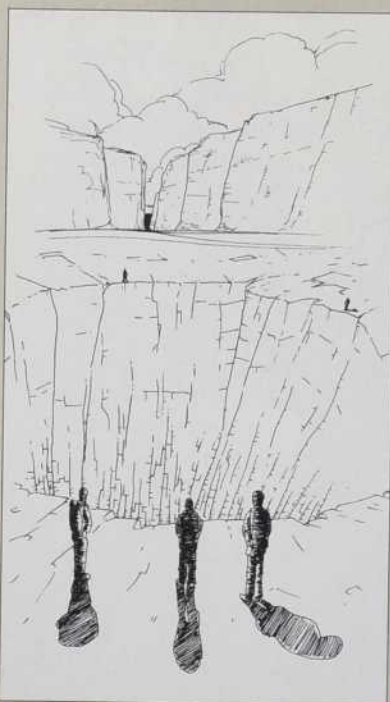
Les spéléologues aimant à vivre dans les entrailles obscures de la terre finissent par développer une forme d'humour qui, évidemment, peut être noir ou surréaliste comme certains des présents dessins, mais aussi une écriture pétillante, recherchée, un brin « allumée », dont voici un bel exemple.



Patrick Chénier



Yves Balanger



Patrick Chénier

Lever de grotte

par Alain MICHAUD

La Nuit se dissolvait sous l'action du jour qui brûlait. Arbres, rues et maisons se cimentaient dans la lumière. Un matin de terre cuite où les humains, éclaboussés par les éclats du soleil, comme des tisons emportés par le vent, propageaient l'incendie dans tout le paysage.

De ce brasier s'échappaient en vaines fuites des cris et des rires d'enfants, ou encore des bribes de paroles et des bruits de véhicules, en étincelles retombant, éparses, sur les montagnes, lacs, rivières et villages. Seul alors le silence flambait, d'où montait cette épaisse chaleur à l'intérieur de laquelle encerclé, de son appartement, le spéléo défenestrait son regard impuissant.

De la nuit fondue, il ne restait que ces îlots d'ombres plaquées sur le sol et les murs, moignons de ténèbres se putréfiant de lumière, devenant si minces qu'on y voyait à travers.

Au contact de ce matin flamboyant, le regard du spéléo et lui-même s'enflammèrent, brûlant des nuitées entières de rêves et de cauchemars, d'espoirs blanchis, d'insomnies et de sommeils ridiculement bronzés de feux d'artifices.

Sortant de l'appartement, le regard du spéléo n'était que le tisonnier entretenant les braises de ce matin qui se consumait en lui. Surpris, il reconnut une odeur de grotte calcinée embaumant le roussissement du paysage et les derniers crépitements de nuit.

Il sut à ce moment, en ce jour, que toute grotte avait brûlé et que des cendres de l'argile, de l'eau et du roc, sous la vigile des autres matins à venir, de nouvelles grottes émergeraient à la lumière, attendant d'être façonnées et habitées. Tout visage souriant, il releva les mains à la hauteur du cœur, ses yeux plongeant au creux de leurs paumes : elles luisaient sous le soleil matinal.



Alain Michaud



Anatomie des grottes

La nature aime les vides quand elle dispose de roches solubles fissurées, d'eau, de relief et... de beaucoup de temps.

Les grottes sont des vides naturels pénétrables par l'homme. Elles apparaissent généralement dans les roches solubles, lorsque les eaux de surface réussissent à s'y infiltrer. Cette infiltration est d'autant plus efficace que le relief du paysage est marqué.

Les calcaires sont les roches solubles les plus fréquentes. Ils sont constitués essentiellement de carbonates de calcium et d'éléments non ou peu solubles en proportion variable. Au Québec, on les trouve surtout dans la vallée du Saint-Laurent et de l'Outaouais, au Lac Saint-Jean et en Gaspésie. Les calcaires existent aussi sous une forme métamorphique, le marbre, dans les Laurentides. D'autres roches plus rares sont également solubles : le gypse, un sulfate de calcium dont on fait le plâtre, le sel gemme ou chlorure de sodium et les sels de potasse. En général, les grottes y sont moins grandes que dans les calcaires.

Pour dissoudre les roches solubles, les eaux doivent être acides, ce qu'elles arrivent à faire grâce à un mécanisme chimique ingénieux. En effet, l'air que l'on respire se compose de divers gaz dont le gaz carbonique (CO_2) à concurrence de 0,03 % par volume. Ce CO_2 a deux propriétés intéressantes : il se dissout naturellement dans l'eau avec laquelle il forme un acide et il se trouve en quantité importante dans les interstices du sol. Plus lourd que les autres molécules de l'air, il y est piégé en proportion 100 à 150 fois plus élevée que dans l'atmosphère. Les eaux de pluie, en s'infiltrant dans le sol, deviennent de plus en plus "agressives" grâce à cet excédent de gaz carbonique et à la présence d'acides produits par la matière organique. S'enfonçant ensuite dans les roches solubles par les réseaux de fissures, les eaux sont alors à même de les dissoudre.

Avec le temps, des grottes aussi immenses que profondes apparaissent au cœur des roches solubles. Ainsi, au Kentucky, la Mammoth Cave mesure plus de 550 kilomètres de long, c'est un record mondial; tandis que dans les Alpes françaises, le gouffre Jean Bernard s'enfonce à plus de 1 600 mètres sous son entrée!

La croûte terrestre, qui constitue l'armature du paysage, peut aussi être sou-



Marc Tremblay

Mais où est passé mon Pernod ?

Quelle frustration lorsque l'explorateur, suivant sans relâche le « chemin de l'eau », voit sa progression stoppée par une voûte mouillante, un siphon, un rétrécissement infranchissable ou un éboulis instable ! C'est à ce moment que le Pernod, ou toute autre substance traçante, entre en jeu.

Les essais de traçage des eaux souterraines permettent de découvrir le ou les points de résurgence des circulations souterraines et d'obtenir des informations utiles sur leur nature.

De nombreuses approches et des produits encore plus nombreux ont été utilisés à cette fin. La petite histoire de cette discipline, plus que centenaire, recèle de savoureux exemples : ainsi, on a découvert que la bière, le blé, le sel de table et même le Pernod pouvaient servir à autre chose qu'à l'alimentation des humains !

Pour qu'une substance soit considérée comme un bon traceur, elle doit être très soluble, économique, stable, facile d'emploi et avoir un grand pouvoir de coloration. Elle doit aussi posséder des ca-

ractéristiques qui lui permettent d'épouser le plus exactement possible le comportement hydrodynamique de l'eau, sans en modifier les caractéristiques physiques ou chimiques, ni être absorbée par les sédiments meubles accumulés dans le réseau, par la roche qui contient les conduits ou par la matière organique dans l'eau. Enfin, les produits utilisés ne doivent pas être toxiques pour l'environnement aux concentrations choisies. Le club des admis est donc plutôt restreint !

Un premier groupe de substances est déjà présent dans l'eau, soit les différents sels minéraux, les matières organiques, les isotopes radioactifs, les matériaux argileux, la micro-faune aquatique et les spores. Il suffit donc de trouver

mise à des stress violents qui y engendrent une autre catégorie de vides. Il y a les grottes tectoniques qui apparaissent dans le plan des failles, ces fractures de l'écorce terrestre dont les compartiments se déplacent les uns par rapport aux autres. Les glaciers, en rampant sur la roche en place, ont pu aussi y causer l'apparition de vides comme les cavités de Saint-Léonard (voir schéma à la page 20). Enfin, la simple gravité permet à des pans rocheux de se détacher du flanc des vallées, comme c'est le cas pour le Trou de la fée de Desbiens au Lac Saint-Jean.

Une autre famille de grottes impressionnantes résulte du travail de Vulcain ! Ou, plus exactement, du volcanisme et des phénomènes qui lui sont reliés. Ainsi, dans les laves s'épanchant de la gueule du volcan, apparaissent des tunnels par où s'écoule la lave encore fluide, un peu comme le dentifrice qui sort de son tube. Ces grottes sont parfois longues (plus de 10 km), mais aussi profondes : récemment, un tube de lave à Hawaï a pu être exploré jusqu'à 1 000 mètres sous son entrée ! Autres manifestations de Vulcain : les eaux chaudes qui remontent le long des fractures de l'écorce terrestre et dissolvent les roches solubles. Ces grottes dites hydrothermales ne sont découvertes que très longtemps après leur genèse, lorsque l'érosion du paysage à l'aplomb finit par y pratiquer une ouverture. Comme



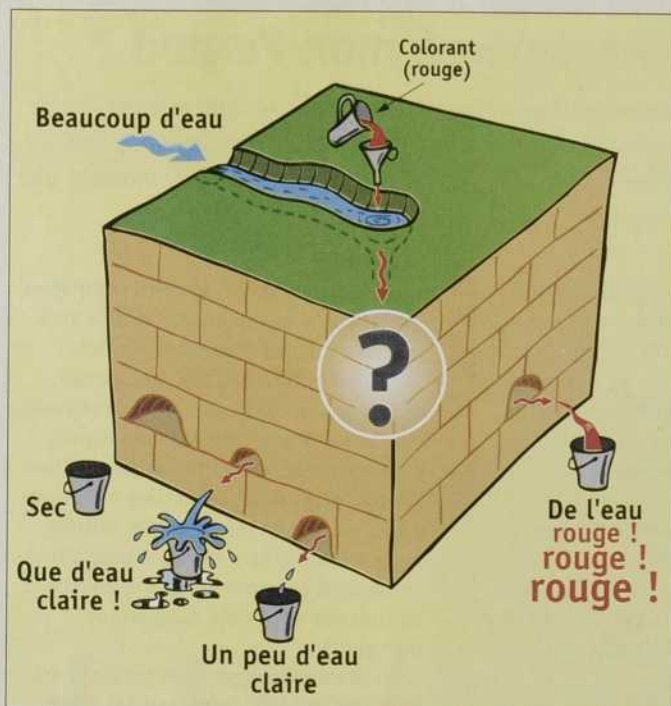
François Miville-Deschênes

à Wind Cave, aux États-Unis, qui mesure plus de 70 kilomètres de long !

Enfin, les glaciers eux-mêmes sont grugés par les eaux de fonte qui y aménagent des gouffres appelés moulins, des galeries méandriformes, des salles, puis des tunnels sous-glaciaires. Dans le corps des glaciers, les vides surcreusés par l'eau à partir des plans des crevasses ont

été explorés jusqu'à une profondeur de 150 mètres, tandis que les tunnels sous-glaciaires sont connus sur des kilomètres de long.

Bref, la nature engendre des vides variés en construisant les pleins que sont les paysages. Même le vent sculpte des cavités dans les roches du désert. Mais cela est une autre histoire.



les résurgences pour analyser le contenu des eaux souterraines au moyen de techniques appropriées. Les valeurs obtenues comparées à celles des pertes et de leur

étalement dans le temps apportent une foule de renseignements sur le réseau étudié, sur ses caractéristiques de rétention et sur son évolution dans le temps.

L'autre grande catégorie de substances comprend les produits naturels ou artificiels que l'on injecte dans un point de perte en surface ou dans un cours d'eau souterrain, le plus souvent dans un siphon.

Après avoir utilisé des produits solides, des sels organiques et inorganiques, des

isotopes, des colorants industriels (vous vous rappelez du bleu de méthylène ?), les spéléologues ont adopté les colorants fluorescents pour leur facilité d'utilisa-

tion, leur faible coût, leur pouvoir de coloration (une cuillère à thé pour une piscine olympique !) et leur très faible écotoxicité. On retrouve aujourd'hui ces produits (bleu, vert et rouge), dans tous les réseaux souterrains de la planète.

Grâce à ces colorants, on a réussi des tracés de plusieurs dizaines de kilomètres de long s'échelonnant sur plusieurs mois. Il faut suivre des recettes précises, dignes de l'art culinaire, pour la préparation de ces produits, pour leur injection dans les cours d'eau ou dans des points de perte et pour leur récupération aux résurgences.

Pour cette dernière opération, on procède par observation directe (si on a tout son temps), par échantillonnage et analyse périodique des eaux ou au moyen de capteurs spéciaux. Les colorants bleus, qui rendent le « blanc plus blanc que blanc », sont en fait des azureurs optiques que l'on retrouve dans tous les détergents. On les utilise lorsqu'on veut éviter qu'une population panique en constatant que le petit cours d'eau où tous allaient se baigner est soudainement devenu vert fluorescent ou, pire, rouge sang !

Les grottes ont deux vies : durant la première, elles apparaissent au cœur des roches; pendant la seconde, elles fonctionnent comme des pièges.

Les grottes apparaissent en des laps de temps géologiquement courts : de quelques instants pour les cavités tectoniques à quelques milliers d'années pour les grottes dissoutes dans les calcaires. Elles commencent alors une seconde vie qui est le plus souvent très

longue, se mesurant parfois en millions d'années.

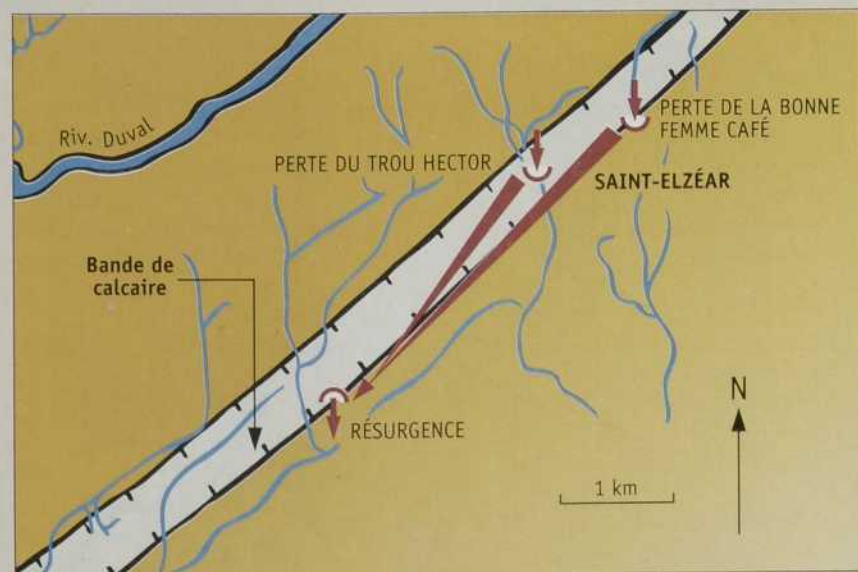
Durant ce temps, les eaux de surface continuent à s'infiltrer par les fissures omniprésentes de la roche, s'enrichissant de carbonates (cf. paragraphe précédent). Mises en contact brutal avec l'air

des grottes, qui représentent des espaces beaucoup plus grands que les vides des fissures par où elles ont cheminé, les gouttelettes d'eau ne peuvent plus retenir autant de gaz carbonique. Celui-ci, jusqu'alors associé avec les carbonates dissous, s'échappe vers l'atmosphère des grottes, tandis que les carbonates dépourvus de leur dissolvant précipitent peu à peu en stalactites, stalagmites et draperies diverses. Les concrétions de calcite aussi belles qu'insolites ont des formes conditionnées par le débit des gouttes d'eau, la quantité de calcite précipitée, les courants d'air qui font dévier les gouttes d'eau, etc... Enfin, leurs teintes infiniment variées dépendent aussi des minéraux que les eaux ont amenés. Fragiles et lentes à croître, les concrétions sont les véritables bijoux des grottes.

Les grottes fonctionnent aussi comme des sortes de canalisations. Les eaux qui y transitent s'y délestent de leur matériel plus ou moins grossier qui remblaie alors les vides souterrains. Enfin, les voûtes des grottes s'effondrent parfois, réduisant à rien les vides pénétrables. Pourtant, protégées des attaques de l'extérieur, il arrive que les grottes s'immobilisent en quelque sorte dans le temps, jusqu'au jour où le hasard ou la persévérance des spéléologues les rende accessibles. Découvrir une grotte inconnue représente l'ultime satisfaction du spéléologue.



Daniel Caron



Les plus longs traçages réalisés au Québec

- Perte de la rivière aux Saumons, île d'Anticosti : 14,4 km, 35 m/h
- Perte de la Bonne Femme Café, Saint-Elzéar-de-Bonaventure : 3,88 km, 28 m/h
- Perte du Ruisseau Sec, La Rédemption : 1,7 km, 425 m/h
- Grotte de Boischatel : 0,8 km, 1 070 m/h



Jean Lamarre



Daniel Caron

Froid en été, chaud en hiver !

Rappel : les grottes ne manquent pas d'air... ni les visiteurs. En effet, l'air est un fluide et, comme tel, il peut pénétrer dans les fissures les plus fines de la roche, à plus forte raison dans les grottes.

Cependant, en l'absence de l'alternance jour-nuit et été-hiver, l'atmosphère des grottes se stabilise à la température des roches qui l'entourent et est quasi constante à l'année longue. Les grottes paraissent donc aux visiteurs froides en été et chaudes en hiver.

Soyez « spéléologique »

Ne laissez rien sauf l'empreinte de vos pas.

Ne prenez rien sauf des photos.

Ne tuez rien sauf le temps.



F. Miville-Deschênes

La vie c'est comme l'air; Il y en a jusque dans les plus petites grottes

Comme les grottes sont plongées dans une obscurité totale et permanente, aucune plante verte n'est présente et la vie y est avant tout composée d'animaux cavernicoles.

À partir d'une racine (*troglo-*) et de deux suffixes d'origine grecque, les biologistes classent les animaux cavernicoles en fonction de leur plus ou moins grande dépendance vis-à-vis de la grotte. L'animal qui n'y habite pas régulièrement est un **trogloxène**. Certains de ces hôtes occasionnels y arrivent par accident... et s'ils ne sont pas capables d'en sortir, ils y meurent. D'autres y viennent volontairement. Ils sont à la recherche d'un milieu adéquat mais temporaire pour se développer ou hiberner. Le porc-épic ou, plus fréquemment, la chauve-souris sont troglloxènes. Par contre, le **troglophile** vit et se reproduit dans la grotte, mais il peut également vivre à l'extérieur. Une araignée, nommée *Meta menardi*, est la principale représentante de cette classe au Québec. Enfin, il existe des animaux qui naissent, vivent, se reproduisent et meurent dans les grottes sans jamais sortir du domaine souterrain. Ce sont des **troglobies**. Avec le temps, ils se sont adaptés au monde souterrain et, par exemple, leur peau est devenue claire ou transparente, ou même leurs yeux ont disparu. Ainsi certaines écrevisses cavernicoles sont littéralement transparentes et on connaît des poissons et même d'étranges salamandres sans yeux qui vivent à jamais dans les eaux souterraines, mais pas au Québec. Enfin, aucun mammifère n'est troglobie.

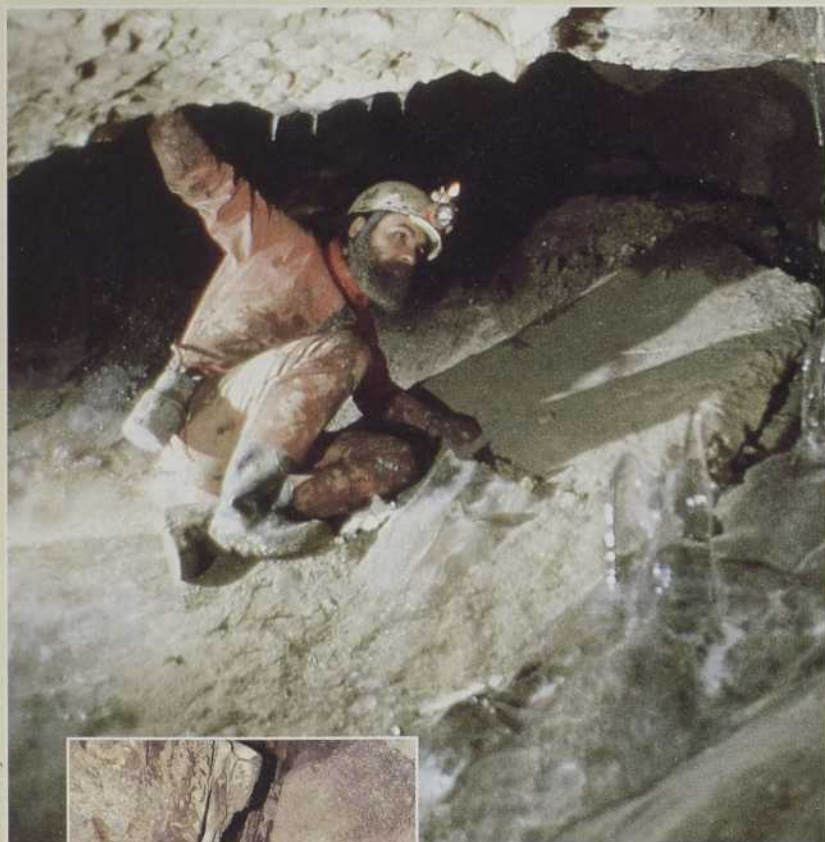
Les grottes québécoises abritent une quarantaine d'espèces d'invertébrés. Ce sont des mollusques, des oligochètes, des opilions, des aranéides, des acariens, des isopodes, des diplopodes, des collembolles, des orthoptères, des lépidoptères, des diptères et des coléoptères. On y trouve également des mammifères comme les porcs-épics, les castors, les souris à pattes blanches, les campagnols à dos roux et cinq espèces de chauves-souris (dont les plus communes sont la petite et la grande chauve-souris brune). Parfois, on croquera une hirondelle de grange dans le porche d'entrée et, dans les ruisseaux souterrains, des poissons, des salamandres tachetées, des tritons et des écrevisses. Les hôtes les plus fréquents, et peut-être les plus typiques, demeurent néanmoins une arachnide inoffensive, la *Meta minardi*, et un papillon de la famille des géométridés, le *Scoliopteryx libatrix*.



Patrick Chénier

Les grottes du Québec

Quelle famille! Elles sont plus de 300, distribuées dans des roches qui ont été attaquées, travaillées, évidées par des moyens naturels variés.



Marc Tremblay



Daniel Caron



Michel Beaupré

De haut en bas on observe : un spéléologue dans le Spéos de la fée, un autre dans la Caverne Laflèche, et sur l'île d'Anticosti une rivière qui se perd ainsi que l'entrée de la grotte Vauréal.

Il y a un bon quart de siècle, on ne pouvait imaginer autant de cavités naturelles différentes au Québec, même si certaines étaient déjà entrées dans l'histoire, comme le Spéos de La Rédemption ou la caverne Laflèche à Val-des-Monts. En fait, à cette époque, les sciences de la terre propageaient dans le grand public un modèle simple du paysage québécois : sur des roches de nature, de structure et d'âge différents, les glaciations continentales — principalement la dernière — et les invasions marines subséquentes avaient altéré, parfois effacé, toujours remodelé le paysage. Celui-ci se lisait donc comme une sorte de palimpseste* dont le dernier texte à peine vieux de 10 000 ans occultait les plus anciens, trop anciens!

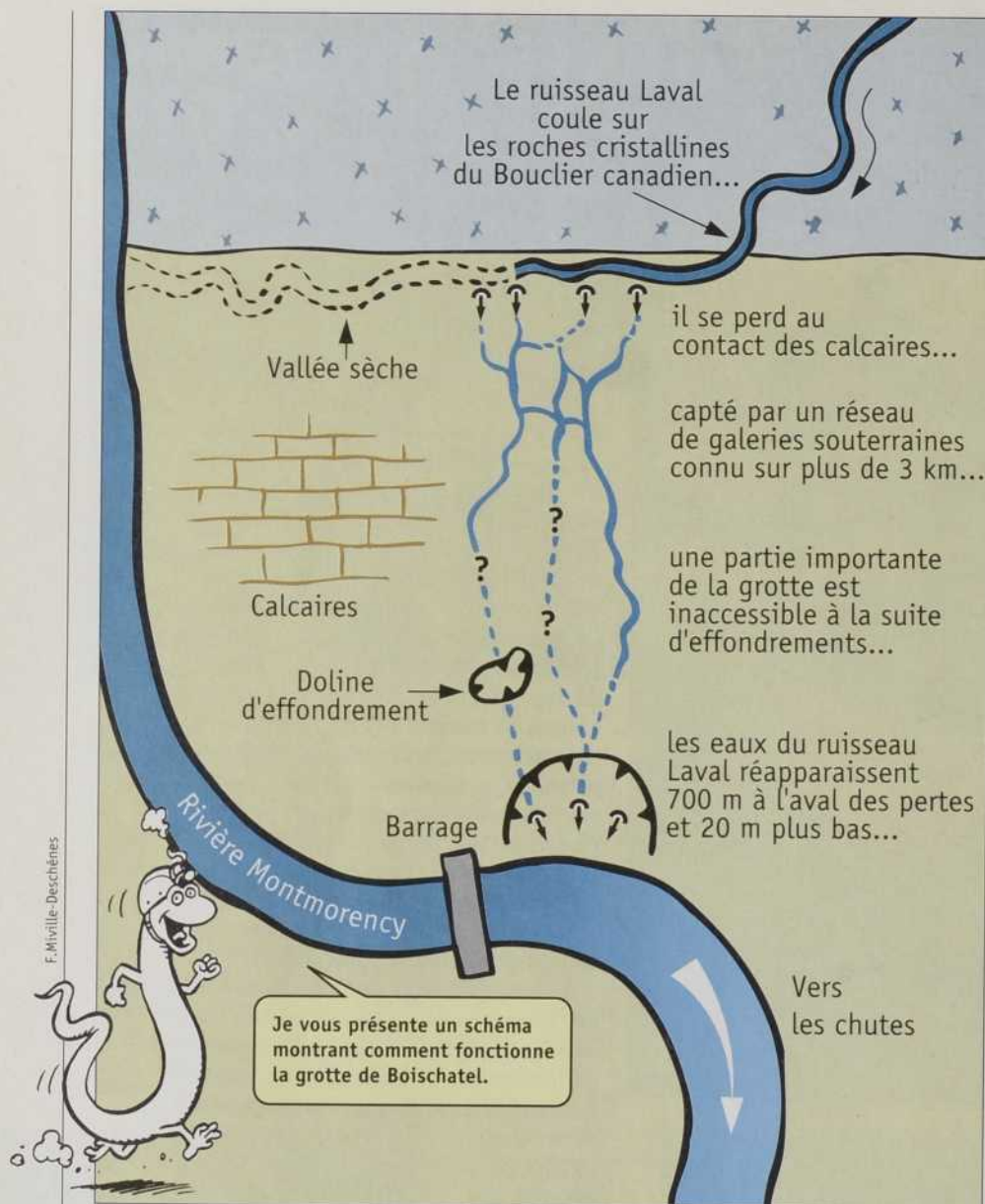
Dans ce contexte, rêver de découvrir des centaines de cavités naturelles relevait de la gageure. Comment imaginer un instant que certaines d'entre elles seraient longues de plusieurs kilomètres ou vieilles de plus de 200 000 ans, soit un intervalle de temps 20 fois plus long que celui nous séparant du retrait de la dernière glaciation!

Après 25 ans d'efforts et, en moyenne, au moins 10 nouvelles grottes découvertes chaque année, les membres de la Société québécoise de spéléologie peuvent s'enorgueillir d'avoir ajouté aux paysages québécois un élément patrimonial important. Au lieu de faire l'inventaire de ces grottes, on vous présente les traits caractéristiques des plus intéressantes d'entre elles.

* *Palimpseste* : Au moyen âge, manuscrit dont on a effacé la première écriture pour pouvoir y écrire à nouveau.



Michel Beaupré



La plus vieille, la grotte de Saint-Elzéar

Découverte en 1976, la grotte de Saint-Elzéar se situe dans des « montagnes » boisées, à une vingtaine de kilomètres au nord de la baie des Chaleurs. Aménagée par un comité de résidents de Saint-Elzéar, elle est devenue une attraction touristique notable en Gaspésie. Pourtant, trouver une grotte importante dans les calcaires plissés et érodés de cette région semblait peu probable. En effet, ces roches solubles affleurent toujours en bandes très étroites.

On accède à la grotte par un spectaculaire puits de 12 mètres de profondeur, aujourd'hui équipé d'une échelle métallique. Ce puits donne accès à deux salles contiguës qui se prolongent par des galeries et un second puits. La grotte mesure 200 mètres de long et s'enfonce dans les calcaires jusqu'à 35 mètres sous la surface. Les planchers des deux salles sont constitués de chaos énormes dus à l'effondrement de galeries anciennes dont l'âge minimum a pu être évalué. En effet, sur les blocs effondrés, de petites concrétions de calcite, des stalagmites sont apparues, il y a 190 000 à 230 000 ans. Comme dirait La Palice, cela signifie que la grotte existait déjà et qu'elle était même dans sa seconde vie (cf. « Anatomie des grottes ») durant une période interglaciaire qui a été suivie de deux glaciations! À quand remonte son origine? Cela reste actuellement un mystère; mais une chose est sûre, la grotte de Saint-Elzéar est la doyenne des grottes québécoises.

La plus longue, La grotte de Boischatel

Dépassant les trois kilomètres de galeries cartographiées, la grotte de Boischatel est non seulement la plus longue du Québec, mais également la plus longue grotte canadienne à l'est des Rocheuses. Située à l'amont immédiat des chutes Montmorency à Québec, elle est constituée d'un réseau complexe de galeries horizontales qui, actuellement, captent les eaux du petit ruisseau Laval avant qu'il se jette dans la rivière Montmorency.

La grotte de Boischatel fonctionne comme une percée hydrogéologique.

L'entrée et la sortie de ce système souterrain sont connues depuis le début du siècle. Cependant, il faut attendre 1978 et un travail de désobstruction imposant à l'amont du système pour enfin pénétrer dans la grotte. Jusqu'alors, cette percée hydrogéologique était considérée raison-

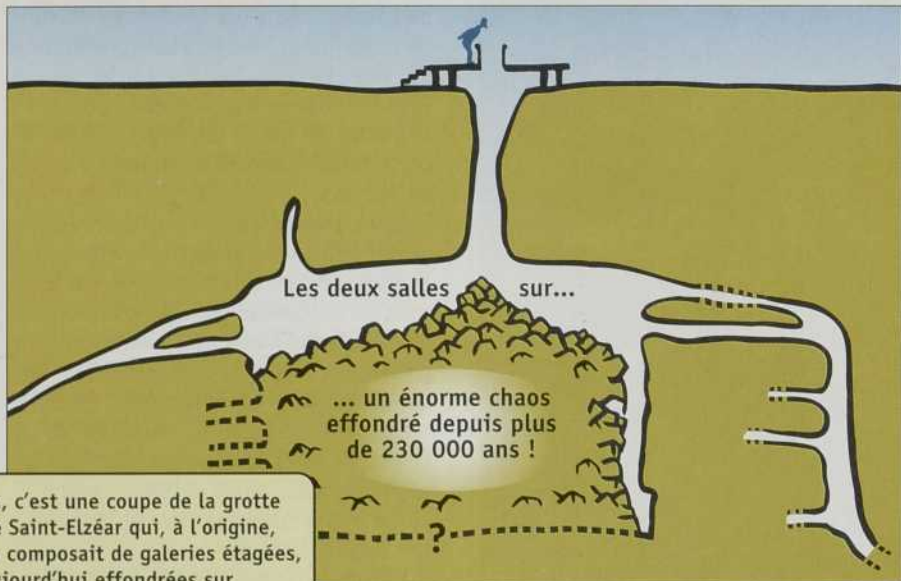
nablement comme un phénomène naturel dû au relèvement de la croûte terrestre à la suite de la disparition de la dernière glaciation, donc vieille de moins de 10 000 ans. Pourtant, on a trouvé dans la grotte des sables amenés de l'extérieur par des eaux courantes et qui, analysés par thermoluminescence, montrent qu'ils y ont été piégés il y a au moins 80 000 ans. La grotte de Boischatel est donc apparue avant la dernière glaciation. Aujourd'hui, une partie seulement de son réseau a été réactivée et nettoyée de ses vieux dépôts, si bien que les voûtes de quelques galeries maintenant en porte-à-faux sont instables ou même effondrées.

À l'aval des pertes, par où pénètrent les eaux du ruisseau Laval, subsiste la plus belle vallée sèche du Québec. Taillée comme la grotte dans des calcaires horizontaux, elle méandre et évacue les eaux de crue du ruisseau lorsque la capacité d'absorption de la grotte est atteinte.



Jacques Schroeder

Michel Beaupré

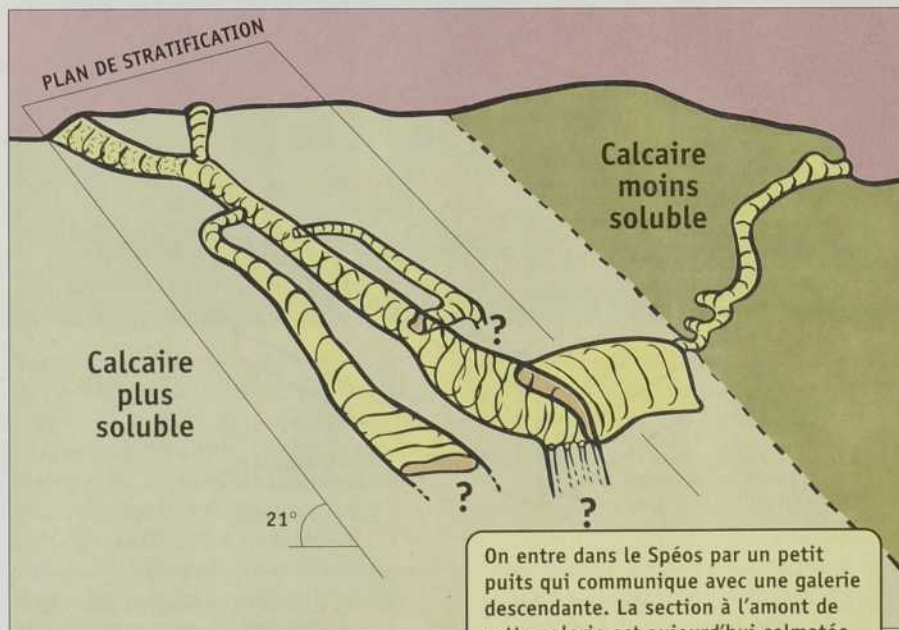


Ça, c'est une coupe de la grotte de Saint-Elzéar qui, à l'origine, se composait de galeries étagées, aujourd'hui effondrées sur elles-mêmes.



La plus énigmatique, le Spéos de la fée

Le Spéos de la fée est situé dans le village de La Rédemption dans la vallée de la Matapédia. Il est connu depuis l'avant-guerre. Au début des années 1980, cette grotte fut transformée en un vaste chantier d'où plus de 1 500 tonnes de dépôts ont été extraits. Ces sédiments y ont été piégés lorsqu'un lac barré par des glaciers locaux s'y vidangeait. La grotte mesure aujourd'hui 350 mètres de long et près de 40 mètres de dénivellée. Sa galerie principale est remarquable; il s'agit d'un « tube » d'un diamètre moyen de 2,5 mètres descendant sur un plan de stratification incliné de 21°. De part et d'autre du tube, deux étroits conduits ouverts dans le même plan de stratification sont aussi apparus. Après 80 mètres, le tube continue à s'enfoncer dans la roche par des boyaux impénétrables, un peu comme la main prolonge le bras. Ces boyaux surcreusent la base d'une salle oblique et remontante. Au bout de celle-ci, on trouve un conduit méandrique qui permet, en rampant, d'aboutir à la seconde issue du Spéos. Cette section de la grotte est creusée dans une assise calcaire moins soluble, ce qui explique son modeste gabarit.



On entre dans le Spéos par un petit puits qui communique avec une galerie descendante. La section à l'amont de cette galerie est aujourd'hui colmatée par des dépôts glaciolacustres. On en sort en rampant par un boyau creusé dans des calcaires moins solubles.



Les plus inattendues, les cavernes de Saint-Léonard

En 1811 ou 1812, des agriculteurs de la côte Saint-Michel, sur l'île de Montréal, organisent une partie de chasse. À hauteur d'une crête boisée « sur la terre d'un dénommé Martineau », leur chien se met à gratter le sol qui, brusquement, se dérobe

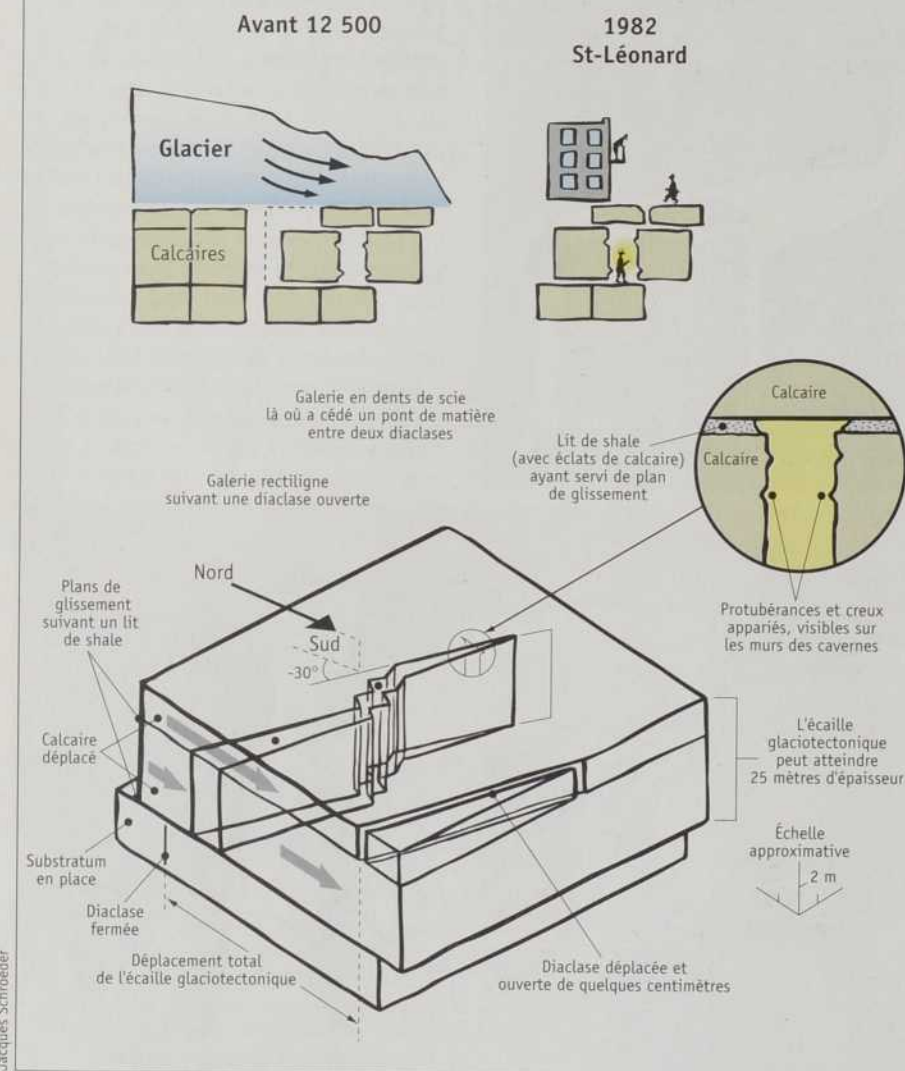
sous lui! Les chasseurs élargissent l'entrée de la cavité au fond de laquelle aboie la pauvre bête, puis y pénètrent en rampant... C'est ainsi que fut découverte la première caverne de Saint-Léonard! Oubliée, abandonnée, vandalisée, elle a finalement été aménagée et ouverte au public à partir de 1981, et ce grâce à une collaboration exceptionnelle entre les autorités de la municipalité de Saint-Léonard et la Société québécoise de spéléologie.

En juillet 1982, les résidents de la rue Saguenay, située 700 mètres au nord de cette caverne, jardinent dans la touffeur montréalaise. Intrigués par des tassements récurrents de leur gazon, ils en appellent à la municipalité. Si bien que, sous les yeux des badauds, une pelle mécanique dépêchée par le Service des travaux publics creuse dans un jardinet. À

environ 1,5 mètre de profondeur, la pelle mécanique dégage un plan vertical rocheux à la base duquel apparaissent, béantes, une puis deux entrées obscures. C'est la panique parmi les résidents : leurs maisons semblent construites sur des vides!

Au total, les cavernes de Saint-Léonard représentent un réseau souterrain de 418 mètres de long, pénétrable à 87 %, et

Les cavernes de Saint-Léonard



dont le plafond est situé de 2 à 6 mètres sous la surface du sol. Les vides ont de quelques centimètres à au plus 5 mètres de large et une hauteur ne dépassant pas 5 mètres, sauf dans la caverne aménagée où des excavations récentes ont permis d'abaisser le plancher de la fissure terminale à 9 mètres sous le plafond! La géométrie des vides, toute en angles et surfaces planes, montre que ces cavités uniques en leur genre résultent de la dislocation des calcaires sous la poussée des glaces!

Petites, d'origine « glaciotectionique », les cavernes de Saint-Léonard furent vraiment inattendues, autant en cette fin de siècle qu'au début du précédent.

La plus étonnante, la caverne Laflèche

La caverne Laflèche, qui est la plus grande grotte connue dans l'immense Bouclier canadien, présente presque tous les paradoxes qui font la diversité des

grottes du Québec! Découverte dès 1865 et première attraction touristique du Canada quand ouverte au public en 1923, abandonnée en 1973 et par la suite vandalisée, elle n'a pourtant été cartographiée en détail qu'en 1986! Elle est enfin réouverte au public en juillet 1995, après des travaux d'excavation importants. On y parcourt des galeries à la base d'un puits de près de 20 mètres de haut, ainsi qu'une salle spectaculaire mesurant 6 mètres de haut et plus de 25 mètres de long. L'analyse des formes sculptées par l'eau dans les marbres et des dépôts piégés qui contenaient quelques fragments disparates d'ossements (mais aucun squelette complet) a permis de reconstituer l'histoire étonnante de la cavité, un peu à la manière de Sherlock Holmes. Pour ce faire, il a fallu utiliser l'axiome des spéléologues : pour remplir la caverne, il faut d'abord la creuser. Évident, mon cher Watson!

1. Les dépôts ont été injectés dans la caverne comme la crème sort de la douille

du pâtissier! Ils y ont amené des restes de mammifères, d'oiseaux, de poissons qui vivaient en surface il y a 9 300 ans (âge des ossements). En s'écoulant dans la grotte, ces boues ont arraché des concrétions qui y étaient apparues il y a 11 000 ans.

2. Il y a plus de 11 000 ans, la caverne devait être au moins partiellement vide et communiquer avec l'extérieur, car les murs de ses galeries portent les traces d'une encoche horizontale indiquant la présence d'un niveau d'eau stable, un lac qui devait noyer toute la région. Ce lac temporaire a précédé de peu la mer de Champlain, cette mer postglaciaire qui a noyé les basses terres du Saint-Laurent au fur et à mesure que l'inlandsis se retirait vers le nord.

3. Cet immense glacier en fondant produisait des quantités énormes d'eaux qui s'écoulaient d'abord à sa surface puis, par de multiples crevasses, taraudaient ses entrailles, avant d'alimenter des tunnels à sa base. Il y a près de 13 000 ans, la glace subsistait à l'aplomb de la caverne Laflèche et celle-ci devait être remplie à ras bord de dépôts glaciaires. En effet, dans les voûtes de toute la grotte, des sortes de chenaux inversés surcreusent le marbre. Bien connus des spéléologues du monde entier, ces chenaux de voûte sont dus à une circulation d'eau sous pression plus efficace à dissoudre la voûte qu'à évacuer des dépôts colmatant complètement la grotte... du moins tant que le débit est insuffisant. Ainsi les eaux sous-glaciaires, à la toute fin de la glaciation, ont en quelque sorte nettoyé la caverne, un peu comme on ravale les vieilles façades au moyen d'un puissant jet d'eau!

4. Mais alors, à quand remonte l'origine de cette caverne à l'évidence creusée par les eaux puisque, avant 13 000 ans, la région est sous la glace pour des dizaines de milliers d'années? On sait que le dernier inlandsis couvrant le Québec a changé de régime plusieurs fois. C'est-à-dire qu'à certaines périodes comme il y a 25 000 ans, il s'est fortement aminci, alimentant une importante circulation d'eau sous pression à sa base. Il est vraisemblable qu'à cette époque (fin du Wisconsinien moyen), la colline de marbre s'abaissant brutalement du côté opposé au mouvement du glacier, les eaux de fonte sous une pression exceptionnelle ont dissous le marbre en suivant le patron des discontinuités que la longue histoire géologique de ces roches avaient créées. Lorsque la pression a baissé, les dépôts glaciaires sont restés piégés dans la caverne, la remplissant pour les millénaires qui vont suivre. On connaît la suite. Étonnante, cette caverne Laflèche.

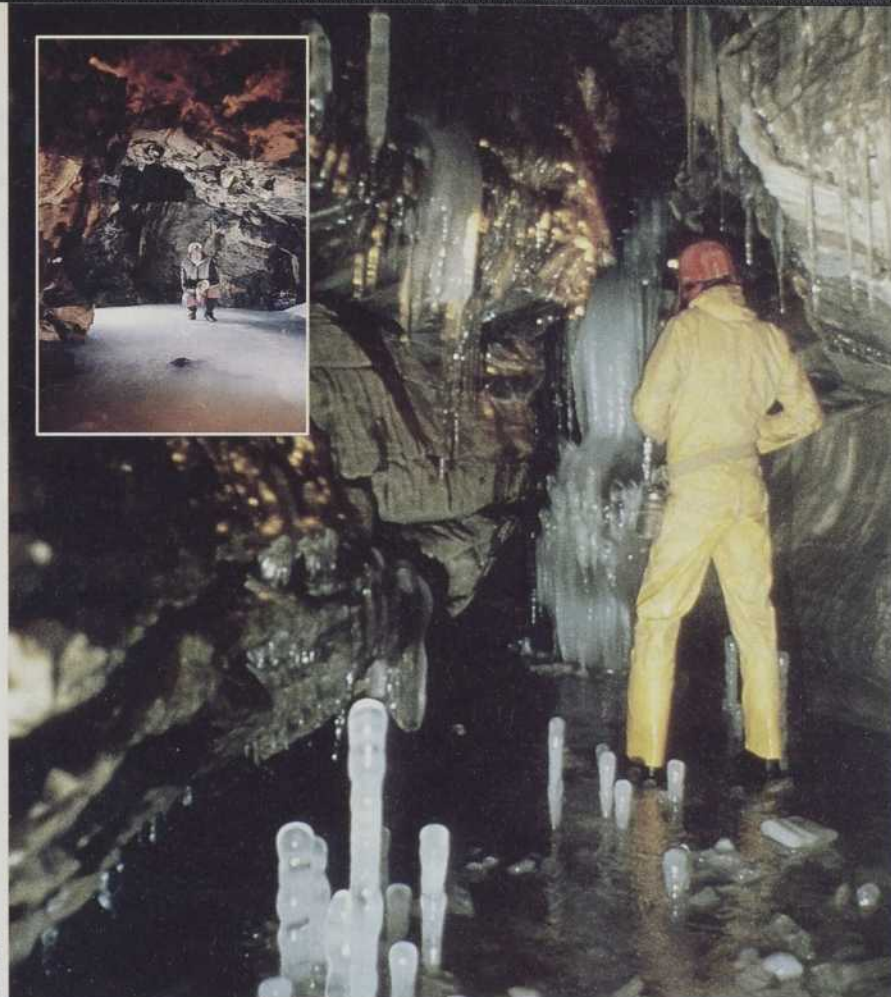
Les autres grottes québécoises

Beaucoup d'autres grottes du Québec mériteraient d'être décrites comme les précédentes! Car, au bout d'un bon quart de siècle, ce qui frappe le plus, c'est la diversité des cavernes découvertes : toutes dans le noir, mais tellement différentes.

Dans le désordre, voici quelques informations qui illustrent à souhait cette grande variété. Dans les basses terres du Saint-Laurent, caractérisées par la présence de roches sédimentaires presque horizontales, on trouve souvent en bordure des vallées entaillées dans le substratum des cavités horizontales, situées à quelques mètres au-dessus du lit rocheux des rivières. La grotte de Saint-Casimir en est un exemple. Longue de près de un kilomètre, cette grotte est située sur la rive sud de la rivière Sainte-Anne. Comme beaucoup d'autres, la grotte de Saint-Casimir est probablement apparue il y a quelques millénaires alors que, les glaciers disparus, la mer qui les a suivis se retirait sous l'effet du relèvement de la croûte terrestre. Ce rebond dit isostatique a obligé les rivières à s'enfoncer peu à peu dans les dépôts puis dans le socle rocheux pour rejoindre le fleuve. Les grottes de ce type attestent de cet enfoncement des rivières. Les rivières du Bouclier canadien ont, elles aussi, dû s'enfoncer dans le socle après la fin de la dernière glaciation, si bien qu'elles ont « naturellement » creusé des tunnels pour raccourcir leur tracé en surface ou permettre à un lac de se déverser (grotte de



Luc Leblanc



Kazabazua, grotte de Lusk). Deux types de cavités dues à la dissolution restent cependant énigmatiques : ce sont les réseaux en treillis situés à faible profondeur comme la grotte de Chambord, ainsi que les kilomètres d'immenses tubes situés dans le lit actuel de la rivière Outaouais. D'un point de vue hydrodynamique, l'hypothèse la plus satisfaisante actuellement est celle qui rattache leur origine à des écoulements sous-glaciaires sous pression, en fin de glaciation pour la grotte de Chambord, à la fin du Wisconsinien moyen pour les tubes au fond de l'Outaouais. Finalement, l'île d'Anticosti recèle une multitude de phénomènes dus d'abord à la dissolution : canyons profonds, dolines d'effondrement, pertes de rivières... et de nombreuses grottes subhorizontales. Il semble cependant que tous ces phénomènes spectaculaires soient géologiquement récents, postglaciaires. Anticosti, c'est un peu le karst « nouveau » du Québec... comme on qualifie le Beaujolais!

La dernière catégorie de cavités au Québec, que l'on pourrait appeler ubiquistes car elles peuvent exister n'importe où, résulte de la dislocation des roches à la suite d'un phénomène de détente mécanique. Ce qui est normal dans un pays qui a été couvert par des glaces épaisses de plusieurs kilomètres durant des dizaines

de millénaires! Bref, on connaît un peu partout des sortes de fissures dans des versants rocheux. Ces espaces souterrains ont jusqu'à 60 mètres de profondeur comme à Percé. Cette dernière catégorie de cavités comprend aussi les vides accessibles entre les immenses blocs jonchant le pied des parois rocheuses et les abris-sous-rochers creusés par les rivières qui ont servi de gîte aux Amérindiens.

Soyez « spéléocivique »

Demandez la permission d'explorer.
Respectez la propriété d'autrui.
Pensez à vos prochaines sorties.



Jacques Schreider

F. Miville-Deschênes

La spéléologie de demain

Longtemps mystérieuses, les grottes sont aujourd'hui perçues comme un élément du patrimoine naturel qu'il faut protéger et aménager en fonction de leur fragilité et des besoins des utilisateurs de plus en plus nombreux.

Les grottes constituent la troisième dimension du paysage. Elles représentent un élément capital d'une des dernières frontières de la planète. Après avoir occupé la surface de la terre et son atmosphère, l'homme du XXI^e siècle s'attaquera systématiquement au sous-sol dans lequel gisent les grottes. Ce développement est actuellement amorcé de façon presque aussi anarchique que le fut la conquête de l'Ouest américain au siècle passé! Une nouvelle promiscuité des Hommes et des cavernes, allée à une méconnaissance de celles-ci et à l'absence de mesures spécifiques de préservation, ont engendré une agression croissante de ce patrimoine naturel.

En cette fin de siècle, la spéléologie a cessé d'être une activité exotique pour se définir plus banalement comme « la fréquentation par l'Homme des cavités naturelles du sous-sol ». (E. Gilli in « **La Spéléologie** », *Que sais-je?*, 1995). Cet état de fait est entre autres lié à la pratique même de l'activité qui touche un nombre croissant d'adeptes pourvus d'un matériel toujours plus performant. Il en résulte une réelle pression sportive, ludique autant que scientifique, sur le milieu souterrain à laquelle s'ajoute celle, plus globale, exercée par l'écoumène¹ en expansion sur l'ensemble de la planète. En effet, depuis les deux derniers siècles, les grottes ont été utilisées pour l'exploitation artisanale des dépôts qui y sont piégés, par exemple le salpêtre et le guano, mais aussi comme tunnels, carrières, centrales hydroélectriques, réservoirs, sanatoriums, sites touristiques, salles de concert, bases militaires, dépotoirs, charniers et abris nucléaires...

Le Québec méridional n'y échappe certes pas. Certaines cavités ont été récupérées à des fins industrielles, comme la centrale hydroélectrique de Pont-Rouge dont la galerie d'amenée était une grotte à l'origine. Des dolines et des porches d'entrée ont servi de dépotoirs en Gaspésie, dans l'Estrie et dans l'Ou-



Daniel Caron

taouais. Des projets récurrents de carrières menacent le Trou du diable dans Portneuf, tout autant que l'exceptionnel karst² de La Rédemption dans le comté de Matapédia. Et c'est sans compter les entrées obstruées, les galeries bétonnées, le pillage de pièces paléontologiques ou des concrétions, les graffitis sur les parois, les chauves-souris perturbées pendant l'hibernation et la surfréquentation de certains sites... Enfin, diverses tentatives inappropriées d'exploitation touristique ont également marqué à tout jamais certains sites cavernicoles importants, témoignant de la difficile cohabitation entre les intérêts marchands et la préservation du patrimoine naturel.

Grâce au développement de la spéléologie et peut-être en contrepois aux dommages imputables à une pratique récréa-

tive trop intensive, une véritable science de l'aménagement des espaces souterrains est en émergence depuis quelques années. Son objectif est d'insérer le plus harmonieusement possible les infrastructures et les utilisations toujours plus nombreuses et plus variées colonisant le milieu karstique et les cavités naturelles souterraines.

C'est ainsi qu'avant la construction de réservoirs d'eau dans de tels milieux naturels, des études approfondies permettront d'évaluer l'étanchéité de ces bassins artificiels, tout autant que les possibilités d'ennuiement ou d'ensablement des cavernes avoisinantes. Ailleurs, on évaluera les risques de contamination des eaux souterraines considérant la perméabilité des sols calcaires fissurés et la faible capacité de filtration de ces derniers. En certains lieux, dépotoirs et substances toxiques seront proscrits.

Dans d'autres cas, ce sera la présence de vides souterrains sous les habitations,

² Paysage développé sur et dans les calcaires et, par extension, sur toute roche soluble.

¹ Espace habitable de la surface terrestre.

source de réels problèmes pour les propriétaires en raison des risques d'effondrement ou de tassements, qui y seront investigués. Des études préalables devront confirmer la constructibilité de ces zones ou, si les vides sont découverts ultérieurement, il faudra s'assurer qu'il n'y a pas de danger par des mesures de contrôle adéquates.

Ce sont là autant de situations particulières, propices à une « spéléologie appliquée » à des cas tels que pour les cavités glaciotectoniques de la Ville de Saint-Léonard, à la grotte de Boischatel qui traverse la municipalité du même nom, à la grotte de Lorraine qui recoupe le golf municipal et au karst de la rivière Jean Larose au mont Sainte-Anne.

L'engouement des dernières décennies pour les activités de plein air et le tourisme d'aventure a entraîné une augmentation du nombre d'explorateurs de cavernes et une demande croissante du grand public pour l'aménagement de nouveaux sites à vocation récréotouristique.

Bien que ces activités ne conduisent pas à la destruction complète des grottes, elles peuvent toutefois être la cause de dommages majeurs ou d'une réduction notable de leur intérêt et de leur valeur patrimoniale. On estime que quelques dizaines de milliers de visiteurs occasionnels et spéléologues arpentent chaque année le Québec souterrain.

Les organisations spéléologiques de nombreux pays, dont la Société québécoise de spéléologie, sont particulièrement sensibles à cette problématique. Elle les pousse à être de plus en plus actives en éducation et en formation de leurs membres, à exercer un contrôle sur les sites significatifs ou même à acquérir certaines cavernes. Le Québec se distingue de plus par ses concepts d'aménagements



Ce pictogramme, imaginé par Yves Bélanger, il y a près de 15 ans, a fait le tour de la planète ou presque.

et ses contenus novateurs adaptés au contexte du site comme ceux des grottes aménagées de Saint-Elzéar, de Saint-Léonard et de Laflèche, à Val-des-Monts. Dans plusieurs de ces cas, l'action des spéléologues a d'ailleurs été appuyée par d'autres organismes voués à la préservation des espaces naturels ainsi que par des autorités gouvernementales responsables de l'environnement.

La mise en valeur adéquate du patrimoine cavernicole québécois et sa préservation pour les générations futures demeurent donc une préoccupation importante et tout à fait d'actualité. Les spéléologues doivent user de toute leur compétence pour proposer des aménagements qui, tout en permettant les visites, garantissent la protection de l'écosystème souterrain, son intégration au paysage et sa saine gestion. Le milieu souterrain, c'est un monde en soi.

Mais attention, la spéléologie québécoise est et restera toujours une activité de plein air accessible à tous, qui

implique une convivialité de qualité entre ses membres. Ceux-ci n'ont d'ailleurs pas fini de découvrir le Québec souterrain qui recèle — nous en avons de nombreux indices — encore et toujours de nombreuses autres grottes.

S'inscrivant par sa nature dans la mouvance du « développement durable », la spéléologie internationale enrichit le milieu naturel de centaines de kilomètres de nouvelles grottes chaque année... pendant que l'activité de la société tend à en altérer et en détruire tout autant. Pourtant, les grottes ne sont pas des ressources renouvelables. Aussi, espérons que « les cavernes, qui ont été à l'origine de l'apparition de l'Homo sapiens sur Terre, ne seront pas un jour les derniers lieux qui assisteront à la disparition de l'espèce! » (B. Gèze, *La spéléologie scientifique*, 1965).



SPELTECH INC.

**« QUALITÉ ET SÉCURITÉ
DEPUIS 1985 »**

Première firme québécoise spécialisée dans les travaux sur cordes, en milieux confinés et en aménagement de cavités souterraines.

Une expertise de première qualité pour vos interventions d'urgence, d'entretien ou de réfection.

SPELTECH est heureuse de saluer les artisans de ces 25 ans de spéléologie québécoise.



SPELTECH INC.

(514) 252-3048

Les travaux acrobatiques

L'avènement, il y a un peu plus de 20 ans, des techniques d'exploration verticale sur cordes, dites techniques de la spéléologie alpine, a été suivi d'un essor et d'un raffinement des plus impressionnants : ce qui semblait irréalisable à l'époque est maintenant du ressort des expéditions légères de fin de semaine.

La récupération de ces techniques a permis à certains groupes bien entraînés de mettre au point une méthodologie pour des travaux acrobatiques alliant efficacité, rapidité, sécurité et économie. Ne se limitant plus à l'exploration des cavernes, ces groupes font maintenant l'inspection des grandes structures, mettent en place des instruments ou des équipements particuliers ou effectuent des travaux de réfection dans des lieux jugés inaccessibles. Ne soyez donc pas surpris si vous voyez des spéléologues — et non des alpinistes! — suspendus aux voûtes de Manic-5, glissant le long du clocher de l'église Saint-Jacques ou de la tour de l'Université de Montréal, accrochés aux piliers du pont Laviolette, à Trois-Rivières, ou au Gala Métro Star!

*« Il faut avoir entrepris de ces explorations, émouvantes,
surexcitantes au plus haut degré, pour se rendre compte de leur attrait (...).
Et de ces impressions si vives, si insolites, on ne se lasse jamais. »*

Édouard Alfred Martel
Les abîmes, 1894



 spéléo

Fenêtre sur le cosmos

LA DÉCENNIE HUBBLE



PAR CLAUDE LAFLEUR
RECHERCHE PHOTO : CHERYL GUNDY
PHOTOS : NASA, ESA,
SPACE TELESCOPE SCIENCE INSTITUTE

Jusqu'à maintenant, le télescope spatial *Hubble* a transmis au millier d'astronomes de 35 pays qui l'utilisent l'équivalent en information de 50 000 annuaires téléphoniques de Montréal ! Et que dire des photos qu'il a prises ? Du sublime ! Du merveilleux ! Il faudra des années de travail intense pour digérer et apprécier à leur juste valeur les images de lointaines galaxies et de gigantesques étoiles que nous avons obtenues.

En fait, on peut d'ores et déjà affirmer qu'en astronomie la décennie 90 est celle de *Hubble*. Le télescope a changé notre façon de voir l'espace et, à nos yeux, l'Univers ne sera plus jamais ce qu'il a été.

L'œil magique des astronomes

Les plus belles mais aussi les plus troublantes images que l'Univers nous a données.
Et que le télescope *Hubble* nous a relayées.



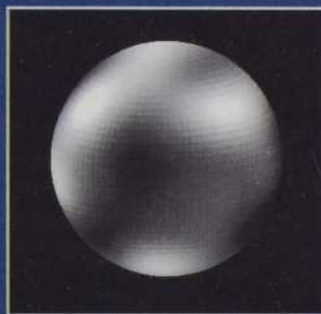
La pouponnière d'étoiles

Sans doute l'une des plus belles photos jamais prises par un télescope, cette vue de la nébuleuse de l'Aigle (à 7 000 années-lumière de nous) montre qu'au sommet d'immenses colonnes de poussière, longues de plusieurs années-lumière, des étoiles sont en train de naître.

Le phénomène est aussi beau qu'étonnant. Un torrent de radiations provenant de jeunes étoiles voisines réchauffent les gaz constituant les colonnes. Par conséquent, ces gaz s'évaporent en laissant derrière eux les étoiles qui se sont formées au sein même des colonnes.



Hubble nous montre comme jamais auparavant les astres qui gravitent autour du Soleil. À preuve, cette vue de la comète Hyakutake, qui était visible dans le ciel au début du printemps dernier. La photo fait découvrir le noyau allongé de la comète, d'une longueur de quelques kilomètres seulement, alors qu'elle se trouvait à 15 millions de km de la Terre.



Pluton que nous aurons jusqu'au jour, encore lointain, où nous pourrons envoyer une sonde explorer la dernière planète du Système solaire.

Pluton. Une photo extraordinaire lorsqu'on songe que, jusqu'alors, les meilleures prises de vue nous montraient un minuscule point blanchâtre perdu dans une mer d'étoiles. Étant donné la taille de l'astre (les deux tiers seulement de la Lune) et sa distance (six milliards de km), c'est comme si on avait photographié une balle de golf à 50 kilomètres ! Et, surtout, c'est le meilleur aperçu de

Une découverte québécoise

Trois astrophysiciens québécois viennent d'ajouter un spécimen rare à leur collection d'étoiles.

En janvier dernier, alors qu'ils déchiffrent une photo de la galaxie NGC 2366 prise à l'aide du télescope spatial *Hubble*, trois astrophysiciens de l'Université Laval remarquent la présence d'une étoile très brillante. Intrigués, ils comparent la photo à un autre cliché de la même région de l'espace, pris en 1991 avec le télescope Canada-France-Hawaï. Le contraste entre les deux photos est si saisissant que leur cœur saute un temps : Laurent Drissen, Carmelle Robert et Jean-René Roy comprennent qu'ils viennent de découvrir une étoile massive.

« Elle fait environ 60 fois la masse du Soleil et c'est la plus brillante de toute sa galaxie », explique Laurent Drissen. Cela dit, l'astrophysicien constate que, malgré sa lumière intense, cette étoile aurait pu passer totalement inaperçue si ce n'était de la netteté des images produites par *Hubble*. Les géantes de ce type, dont la masse atteint de 15 à 100 fois celle du Soleil, se présentent souvent en amas lumineux, d'où l'impossibilité de les distinguer avec un télescope conventionnel. De plus, une grande partie de l'énergie lumineuse qu'elles dégagent se situe dans l'ultraviolet, un rayonnement bloqué par l'atmosphère terrestre.

En fouillant dans les banques d'images de cette région de l'espace, les chercheurs ont établi que l'astre a commencé à devenir visible en 1992. Les analyses effectuées jusqu'à maintenant sur cette étoile, qu'ils ont nommée NGC 2363 V1, permettent de mieux comprendre pourquoi elle manifeste tout à coup sa présence.

« Elle se trouve à l'étape de sa vie qui précède son explosion en supernova », explique Laurent Drissen. À cette étape, dit-il, l'étoile traverse une période d'instabilité et le vent stellaire s'intensifie à sa surface. Elle expulse alors son enveloppe hors de la fournaise à des vitesses de plusieurs centaines de kilomètres par seconde, ce qui produit des changements dans la couleur et l'intensité de sa lumière. « Ces transformations font paraître l'astre de 40 à 50 fois plus brillant qu'en 1991. »

Les trois astrophysiciens québécois observent la galaxie NGC 2366 depuis 1991, et plus particulièrement la région NGC 2363, considérée comme un couvoir d'étoiles massives. Cependant, le manque de netteté des images obtenues à l'aide des télescopes terrestres limitait leurs recherches. En gagnant un concours international dont les prix étaient des pé-



riodes d'observation avec *Hubble*, ils ont obtenu une vingtaine d'heures pour étudier les étoiles massives et ont pu ainsi capter de précieuses images de cette galaxie située à 10 millions d'années-lumière de la Terre.

Les astrophysiciens savent assez bien comment les étoiles massives vivent, mais ils ne connaissent que peu de choses sur leur naissance et leur mort. « Si on exclut le cas de Eta Carinae, une étoile de notre propre galaxie devenue très brillante entre 1837 et 1860, et quelques cas semblables dans d'autres galaxies, la phase qui précède leur explosion a rarement été observée. Grâce à *Hubble*, dit Laurent Drissen, nous allons pouvoir mieux comprendre les phénomènes entourant la mort des étoiles massives. »

Malgré leur rareté — on compte seulement une étoile massive pour 10 millions d'étoiles —, ces géantes jouent un rôle majeur en participant à la formation d'éléments lourds comme le nickel, le cuivre et le fer. Au moment de leur mort, elles explosent en supernovæ, et les éléments qui les composent se retrouvent dans le milieu interstellaire où ils sont recyclés pour former des planètes et des étoiles. Ainsi, l'uranium présent sur la Terre et le Soleil proviendrait d'une étoile massive qui a explosé il y a environ huit milliards d'années.

Céline Saint-Pierre



Durant l'été 1994, *Hubble* se trouvait aux premières loges pour observer la spectaculaire collision entre la comète Shoemaker-Levy 9 (scindée en une vingtaine de morceaux) et Jupiter. La planète géante a gardé durant des mois des traces de l'impact : de grandes taches sombres (en médaillon) de la dimension de la Terre.

Comment fonctionne Hubble

À la différence des télescopes au sol, le travail de *Hubble* n'est pas contraint par la turbulence atmosphérique et la pollution lumineuse, deux des bêtes noires des astronomes. En effet, la turbulence atmosphérique rend les étoiles semblables à des objets plutôt flous et étendus, et la pollution lumineuse, due notamment à la lumière diffuse des villes, limite les observations aux objets les plus brillants.

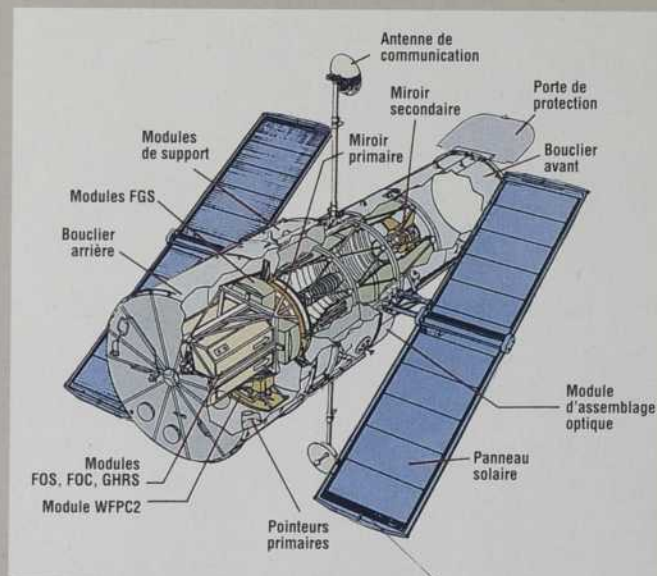
Situé à 600 km au-dessus de la surface de la Terre, le télescope spatial *Hubble* (TSH) permet de voir des objets 40 fois moins brillants que ceux observés avec les télescopes au sol. De plus, le pouvoir de résolution du TSH est 20 fois supérieur à celui au sol. À titre d'exemple, le TSH pourrait distinguer 2 pièces de 10 cents placées l'une à côté de l'autre à une distance de 70 km alors qu'un télescope au sol n'en verrait qu'une.

La surface des miroirs du TSH est composée de matériaux qui permettent de maximiser la réflexion de la lumière ultraviolette, optique et infrarouge proche (de 100 à 1 000 nanomètres). D'autres télescopes en orbite sont également munis de détecteurs ultraviolets, mais aucun d'entre eux ne possède un miroir primaire aussi grand que celui du TSH, dont le diamètre atteint 2,4 mètres.

Les instruments scientifiques à bord du TSH sont montés derrière le miroir primaire, sous la forme de modules interchangeables. Les caméras Faint Object Camera (FOC) et Wide Field Planetary Camera 2 (WFPC2) sont dotées de détecteurs perfectionnés et utilisées pour produire des images digitalisées. Les spectrographes, Faint Object Spectrograph (FOS) et Goddard High Resolution Spectrograph (GHRS), permettent de recueillir des spectres, c'est-à-dire de décomposer la lumière selon l'énergie des photons.

Chaque instrument présente des caractéristiques spécifiques (résolution spatiale, efficacité en fonction de l'énergie des photons, etc.) qui doivent être prises en considération lorsqu'on prépare les observations. Par exemple, pour imager une galaxie étendue, il est plus simple de travailler avec WFPC2, parce qu'elle couvre plus de ciel à la fois. Par contre, la caméra FOC est plus efficace pour observer dans l'ultraviolet.

Le TSH transporte également trois instruments d'astrométrie, les Fine Guidance Sensors (FGS). Ceux-ci servent à assurer le bon pointage du télescope lors des observations. Le module Corrective Optics Space Telescope Axial Replacement, installé



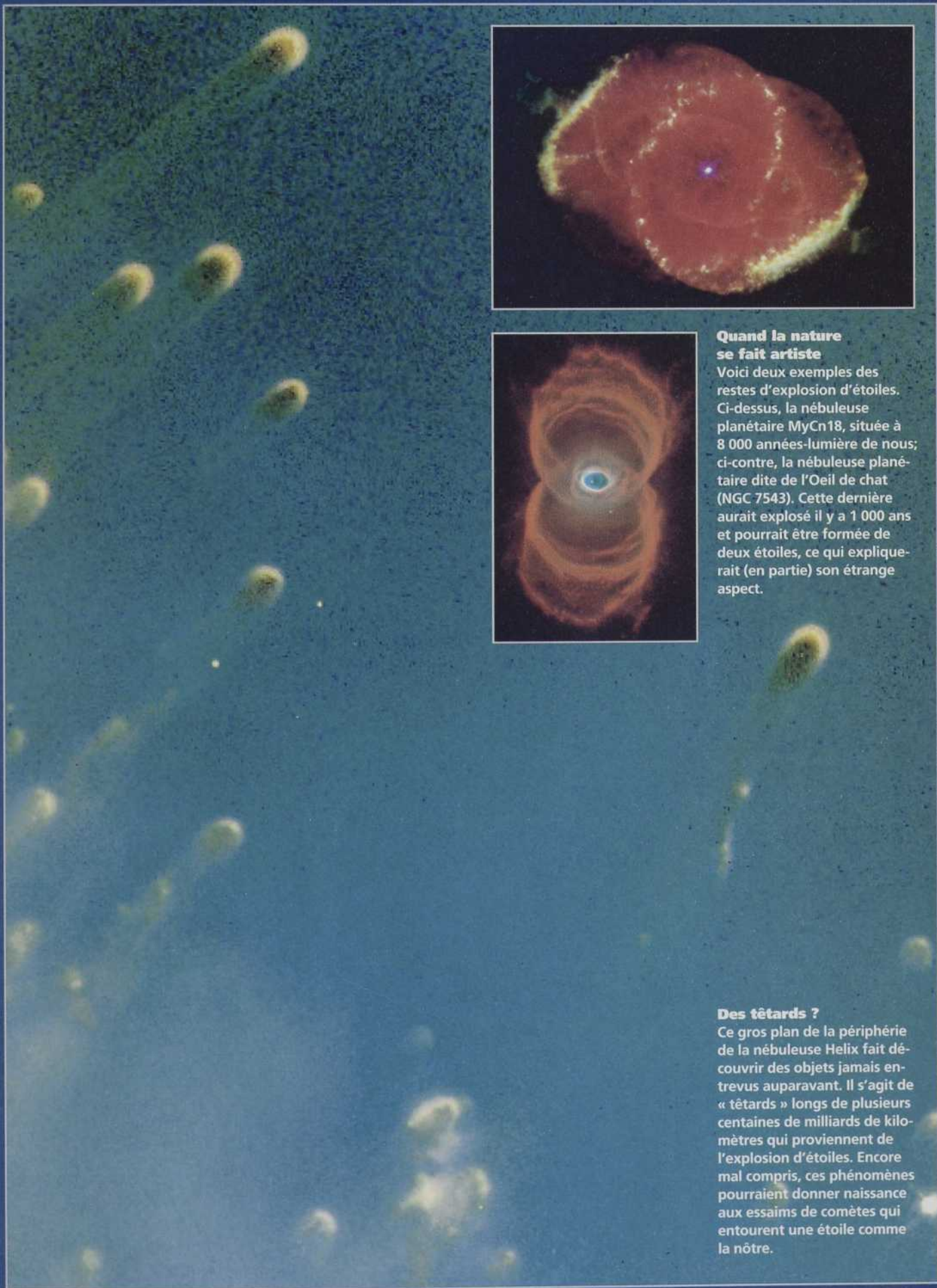
en plein milieu des instruments, renferme le système de miroirs correcteurs qui compense les défauts du miroir primaire.

Tous les instruments scientifiques et les composantes de support (ordinateurs, moteurs de déplacement, etc.) de *Hubble* sont alimentés en courant électrique (2 400 watts) grâce aux deux panneaux solaires disposés de chaque côté du télescope.

La lumière de l'étoile passe d'abord dans une fente de 60 cm au centre du miroir primaire du télescope. La lumière réfléchi sur les miroirs du TSH est convertie en signal électrique par l'un des instruments. Les données recueillies sont ensuite transmises à de petits satellites de communication qui les relaient au centre de contrôle des manœuvres du TSH, le Goddard Space Flight Center, situé dans l'État du Maryland. Finalement, les données sont acheminées au Space Telescope Science Institute, où l'on gère l'horaire des observations, le prétraitement des données et leur distribution.

Sous ses dehors « fragiles », *Hubble* est un instrument relativement imposant. Son poids de 11 000 kg équivaut à celui de 6 automobiles et ses dimensions, 13,1 m de long et 4,3 m de diamètre, sont comparables à celles d'un autobus.

Carmelle Robert, astrophysicienne



Quand la nature se fait artiste

Voici deux exemples des restes d'explosion d'étoiles. Ci-dessus, la nébuleuse planétaire MyCn18, située à 8 000 années-lumière de nous; ci-contre, la nébuleuse planétaire dite de l'Oeil de chat (NGC 7543). Cette dernière aurait explosé il y a 1 000 ans et pourrait être formée de deux étoiles, ce qui expliquerait (en partie) son étrange aspect.

Des têtards ?

Ce gros plan de la périphérie de la nébuleuse Helix fait découvrir des objets jamais entrevus auparavant. Il s'agit de « têtards » longs de plusieurs centaines de milliards de kilomètres qui proviennent de l'explosion d'étoiles. Encore mal compris, ces phénomènes pourraient donner naissance aux essaims de comètes qui entourent une étoile comme la nôtre.

Galaxies : réviser l'addition, s.v.p.

Une magnifique série de photos prises par *Hubble* en décembre dernier devrait permettre d'évaluer plus précisément le nombre de galaxies dans l'Univers connu et la distance entre elles et nous. Astronomes, sortez vos bouliers !

par Pedro Rodrigue

Fin décembre 1995. Durant une centaine d'heures, le télescope spatial *Hubble* photographie méthodiquement un minuscule coin de ciel situé dans le voisinage de la Grande Ourse. Dans un champ d'à peine deux minutes et demie d'arc — soit ce qu'on peut voir à travers un trou d'épingle pratiqué dans un carton tenu à bout de bras ! —, il déniche entre 1 500 et 2 000 galaxies lointaines. Certaines d'entre elles ne dépassent pas la 29^e magnitude et sont si faibles qu'il faudrait qu'elles soient quatre milliards de fois plus lumineuses pour qu'on puisse les apercevoir à l'œil nu !

Quelques semaines plus tard, le 15 janvier 1996, dans le cadre d'un congrès d'astronomes à San Antonio, au Texas, la NASA dévoile la remarquable photo composite du ciel profond que vous voyez ici, le résultat d'une superposition par ordinateur d'environ 200 clichés différents captés au cours de ce safari-photo de l'espace.

Cette photo est remarquable à plusieurs égards.

D'abord, la qualité de l'image en dit long sur les progrès phénoménaux qu'a faits, depuis qu'il a reçu ses lunettes en décembre 1993, le naguère bigleux télescope spatial. Elle permet également aux astronomes, lorsqu'ils font le décompte des galaxies, de confirmer preuve à l'appui ce qu'ils avaient déjà compris intuitivement à partir d'autres observations : soit que l'Univers, ou du moins la partie visible depuis la Terre, comporte entre 50 et 100 milliards de galaxies.

Mais ce n'est pas tout : pour la pre-

mière fois de son histoire, le Space Telescope Science Institute offre cette photo, ainsi que les documents de recherche qui s'y rapportent, à tout astrophysicien désireux de l'étudier. Une attitude qui tranche singulièrement avec les politiques habituelles de cet organisme et qui devrait faire plusieurs heureux.

Quel usage en feront les astronomes qui répondront à l'invitation ?

D'abord, ils vont soigneusement compter les galaxies qu'elle comporte, explique l'astrophysicien Laurent Drissen, de l'Université Laval. Puis, ils vont tenter de déterminer leur distribution dans l'espace afin de savoir si les structures à grande échelle qu'on observe au voisinage de la Voie lactée (amas et super amas de galaxies) existent aux confins de l'Univers.

« Il serait également intéressant d'étudier l'évolution dans le temps des diverses formes de galaxies, dit-il. En particulier, le rapport qui existe entre les galaxies elliptiques et spirales en fonction de leur luminosité et de leur distance. » Laurent Drissen ajoute que la position relative des galaxies lointaines les unes par rapport aux autres permettra sans doute de découvrir celles qui sont en interaction directe, ce qui nous aidera ensuite à mieux comprendre leur processus de formation.

Ce qui intéresse les astrophysiciens, ce n'est pas tant la distance qui nous sépare de ces objets lointains, mais le temps que met leur lumière à nous parvenir. En effet, plus un objet est éloigné, plus sa lumière met du temps à nous atteindre. Par conséquent, nous voyons aujourd'hui cet

objet tel qu'il était lorsque l'Univers était beaucoup plus jeune.

Dans le cas de la médiane des objets visibles sur la photo de *Hubble*, les astronomes estiment que la distance qui nous sépare d'eux est d'environ 10 milliards d'années-lumière. Nous les apercevons donc tels qu'ils étaient lorsque l'Univers avait un peu moins de la moitié de son âge actuel, c'est-à-dire à l'époque où notre propre galaxie, la Voie lactée, était en train de se former.

Toutefois, avant d'être en mesure de tirer des conclusions valables de l'étude de cette photographie, les astronomes devront lui ajouter deux importantes dimensions de l'espace-temps : la profondeur... et le temps.

Comme ces deux dimensions sont intimement liées, trouver le temps sera un jeu d'enfant lorsque les chercheurs auront pu préciser la dimension spatiale qui leur manque. Mais comment transformer cette superbe image en deux dimensions en un document révélateur qui en comportera trois ? Il suffira de calculer le plus précisément possible la distance qui nous sépare de chacun des objets qu'on y voit. Ce travail exigera cependant des centaines d'heures d'observation à partir de télescopes terrestres et pourrait être plus difficile qu'il ne le semble.

Sur les clichés, à côté de quelques galaxies passablement lumineuses, cohabitent en effet des centaines de petites galaxies de luminosité parfois très faible. Sont-elles vraiment petites ou est-ce simplement une illusion causée par leur prodigieux éloignement ? En mesurant le



Une parcelle de l'Univers

Dans un tout petit coin de l'Univers, on compte pas moins de 1 500 galaxies de toutes formes et de tous âges ! Si on considère que chaque galaxie est composée de centaines de milliards d'étoiles et que certaines de ces galaxies hébergent probablement de la vie, il est facile de rêver... Malheureusement, les distances séparant chacune de ces galaxies se chiffrent en centaines de millions, voire en milliards d'années-lumière.

décalage vers le rouge que subissent leurs raies spectrales, les astronomes pourraient, grâce à la formule mise au point au cours des années 20 par Edwin Hubble, estimer assez fidèlement leur distance. Cette estimation conduirait à son tour à une évaluation relativement précise de la distribution de ces galaxies dans l'espace.

Pour y arriver, les astrophysiciens devront donc faire l'analyse spectrale de la lumière qui nous parvient de chacune de ces galaxies. Un travail de moine ! De plus, certaines d'entre elles sont si faibles que les capteurs optiques de *Hubble* n'ont parfois reçu que quelques dizaines de photons à l'heure. Par-dessus le marché, la NASA n'a pas été en mesure de procéder à une telle analyse parce que le spectrographe du télescope ne peut analyser qu'une source lumineuse à la fois.

Cela dit, tout n'est pas perdu. En effet, les clichés qui composent la photo ont été pris à travers une série de filtres. Certains ne laissaient passer que l'ultraviolet, d'autres le bleu, le rouge ou l'infrarouge. Lorsqu'ils comparent l'intensité d'une même galaxie d'un filtre à un autre, les chercheurs disposent, malgré tout, d'un outil préliminaire. Un outil qui, à défaut de leur fournir une véritable analyse spectrale, permet de mieux orienter les recherches.

On a ainsi noté une extraordinaire abondance de petites galaxies bleues. Déjà observées dans le passé, ces galaxies émettent une lumière dont la longueur d'onde caractéristique se situe aux environs de 8 000 Å. Plus on s'éloigne dans l'espace — et par conséquent dans le temps —, plus on découvre de petites galaxies bleues. En étudiant de plus près

la photo de *Hubble*, les chercheurs espèrent mieux comprendre le rôle que ces phénomènes ont joué dans la formation des galaxies actuelles. Se sont-elles en quelque sorte entre-dévorées, donnant naissance à des galaxies plus grosses, dont la lumière ne possède plus les mêmes caractéristiques ? Ou s'est-il déroulé dans ces petites galaxies, à une certaine époque, un processus accéléré de formation d'étoiles ?

La photo de *Hubble* devrait donc, en principe, permettre aux astronomes de mettre encore un peu plus d'ordre dans leur ciel. Sauf que, jusqu'à maintenant, elle n'a pas soulevé beaucoup d'enthousiasme. Au Québec, par exemple, aucun astronome ne semble intéressé par ce dossier. Et, dans la presse scientifique, le nombre d'articles à ce sujet est très mince. ●

Hubble et moi

La mise en fonction du télescope spatial *Hubble* m'a, en quelque sorte, ouvert les portes vers d'autres galaxies. J'avais choisi d'étudier les étoiles de type Wolf-Rayet, les descendantes des étoiles les plus massives (leur masse initiale est supérieure à 20 fois la masse du Soleil). On connaît moins de 200 étoiles Wolf-Rayet dans notre galaxie. C'est peu quand on sait qu'il y a des centaines de milliards d'étoiles de toutes sortes ! Et frustrant quand on est limité à notre Voie lactée.

Hubble m'a fourni une chance inespérée d'étudier le rôle des étoiles massives dans d'autres galaxies et l'occasion rêvée d'appliquer mes connaissances sur les étoiles massives à une meilleure compréhension de l'évolution des galaxies. Je me suis alors intéressée aux galaxies dites « à sursauts de formation stellaire », des galaxies qui contiennent des régions où la formation d'étoiles se fait à un rythme très élevé. Comme les étoiles massives y abondent, on veut savoir, par exemple, si toutes les galaxies forment des étoiles seulement par le biais de phases de sursauts.

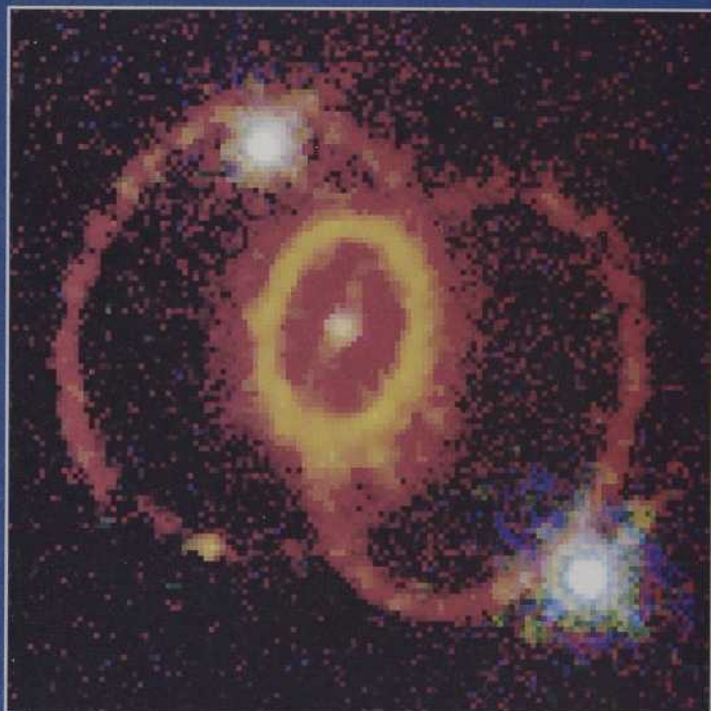
Évidemment, travailler avec *Hubble* n'a pas le même charme qu'une nuit d'observation avec un télescope au sol. Il n'y a pas de ces superbes nuits où, emmitouflé dans une parka, on déplace le regard entre les constellations à la recherche de l'objet rare... Soit, mais c'est le télescope spatial *Hubble* qui m'a procuré les spectres ultraviolets de cinq galaxies à sursauts de formation stellaire situées de 30 à 100 millions d'années-lumière de nous.

En effet, on ne peut observer la lumière ultraviolette à partir du sol, car celle-ci est en bonne partie arrêtée par l'atmosphère terrestre. De plus, seul le télescope *Hubble*, avec son pouvoir de résolution exceptionnel, pouvait me permettre de distinguer les régions de formation stellaire présentes au sein de galaxies éloignées. C'est en faisant l'analyse des spectres que je tire mes conclusions sur l'évolution des galaxies. *Hubble* ne fait pas que nous envoyer de belles images !

Il faudra étudier d'autres spectres de galaxies encore plus éloignées pour retracer l'Univers à ses débuts. Déjà, les images obtenues dans le cadre du Hubble Deep Field Survey indiquent la présence d'innombrables galaxies à sursauts de formation stellaire à de très grandes distances.

L'astronome Edwin Powell Hubble (1889-1953) avait une très grande ambition, celle de « voir et mesurer le fond de l'Univers ». Le télescope qui porte son nom pourrait bien y arriver.

Carmelle Robert



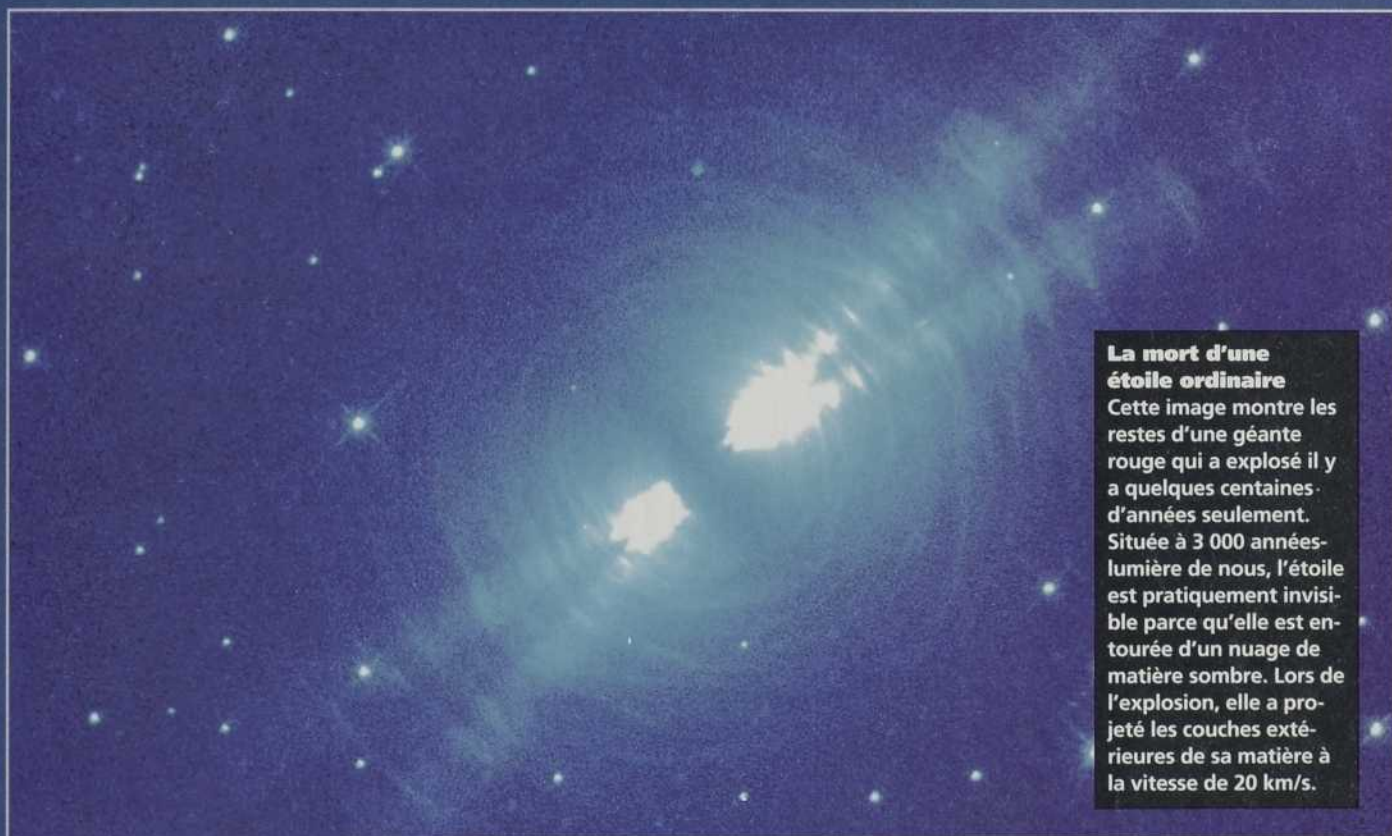
La supernova 1987A

En février 1987, les astronomes ont assisté à un spectacle remarquable : l'explosion d'une étoile au terme de sa vie. Voici comment apparaît la désormais célèbre supernova 1987A sept ans plus tard. Heureusement pour nous, la scène se passe dans la galaxie voisine, le Grand Nuage de Magellan, située à 169 000 années-lumière. On distingue clairement trois anneaux de matière expulsée à la suite de l'explosion.



Enfin, un trou noir

Voici le premier trou noir jamais photographié. Par définition, un trou noir est invisible. Ce type très particulier d'astre — des dizaines de fois plus massif que le Soleil — produit une force gravitationnelle si intense que plus rien ne peut s'en échapper, pas même la lumière. Par conséquent, un trou noir ne peut être détecté que par l'influence qu'il exerce autour de lui puisqu'il aspire littéralement les étoiles voisines. Celui-ci se trouve au cœur de la galaxie NGC 4261. En aspirant tout ce qui se trouve autour de lui, il produit le disque de matière que nous observons sur cette photo.



La mort d'une étoile ordinaire

Cette image montre les restes d'une géante rouge qui a explosé il y a quelques centaines d'années seulement. Située à 3 000 années-lumière de nous, l'étoile est pratiquement invisible parce qu'elle est entourée d'un nuage de matière sombre. Lors de l'explosion, elle a projeté les couches extérieures de sa matière à la vitesse de 20 km/s.

« Hubble dépasse nos attentes. »

L'importance du télescope spatial *Hubble* est telle que la NASA a créé un centre dédié aux observations obtenues grâce à cet appareil : le Space Telescope Science Institute, situé à Baltimore. Quelques propos du directeur adjoint du programme scientifique de l'Institut, le docteur Duccio Macchetto.

Le télescope spatial *Hubble* dépasse vraiment nos espoirs. Chaque fois qu'on voit des images ou des données — même lorsqu'elles ne concernent pas notre champ de spécialisation —, on demeure toujours étonné par leur qualité. *Hubble* devrait nous permettre de faire de grands progrès dans trois domaines de recherche majeurs.

« D'abord, l'étude de l'existence possible de planètes autour d'étoiles autres que le Soleil. Le télescope spatial *Hubble* nous a montré qu'autour des étoiles qui se trouvent tout au plus à quelques centaines d'années-lumière de nous, il existe beaucoup de gaz et de poussières qui ne seront pas consommés par la formation de l'étoile. Cette matière, rassemblée en disques et en structures, donnera naissance à des planètes. Nous observons ce phénomène dans plus de 50 % des cas ! C'est un changement très important par rapport à nos connaissances antérieures sur le sujet : on s'attendait à ce que quelques étoiles aient ce genre de structure, mais sans savoir combien. Or, si la moitié des étoiles sont des sites possibles de planètes, cela augmente considérablement le nombre possible de nouvelles planètes...

« Le deuxième domaine de recherche est lié à un des objectifs majeurs de la construction de *Hubble*, soit la détermination de la constante de Hubble, c'est-à-dire la vitesse d'expansion de l'Univers. C'est un projet de longue haleine : en effet, s'il est relativement facile de déterminer la vitesse de fuite

d'une galaxie, il faut beaucoup de temps pour déterminer la distance qui nous en sépare. Nous sommes donc en train de réaliser un programme d'étude sur les galaxies distantes de quelque 50 millions d'années-lumière en utilisant les propriétés des étoiles céphéides. Jusqu'ici, on a observé huit ou neuf galaxies.

« Lorsqu'on a entamé ce travail, les astronomes étaient divisés : il y avait ceux qui croyaient à une constante de vitesse très élevée, donc à un Univers relativement jeune, et ceux qui optaient pour une constante plutôt faible, et pour un Univers beaucoup plus âgé. On n'a pas encore résolu ce problème, mais d'ici deux ans je crois qu'on aura obtenu une valeur sur laquelle les astronomes s'entendront assez bien.

« Finalement, *Hubble* nous permet d'étudier la formation des toutes premières galaxies et leur évolution à travers l'âge de l'Univers. On connaît très bien les galaxies proches de nous et, avec les télescopes au sol, on étudie celles qui sont situées à deux ou trois milliards d'années-lumière. Mais, avec *Hubble*, il est maintenant possible d'observer l'"autre côté", c'est-à-dire les galaxies les plus lointaines, celles qui se sont formées un milliard d'années après la naissance de l'Univers. On commence ainsi à entrevoir le processus de formation des galaxies et, ce faisant, à déterminer la structure de l'Univers ! »

Claude Lafleur

La plus grande pharmacie du monde

Ne dites plus que le monde des médicaments est une jungle. Dites plutôt que la jungle est un monde de médicaments.

par Martine Turenne

Dans le film *Medicine Man*, Sean Connery incarne un médecin aventurier qui découvre dans la forêt amazonienne une plante miraculeuse guérissant le cancer de la gorge. Mais il se heurte aux grandes compagnies forestières, et sa plante magique s'envole en fumée lorsque les scieries mettent le feu à la forêt.

Fiction ? Rien n'est moins certain : on estime que 10 à 15 % des espèces végétales de l'Amazonie ont disparu lors de grands incendies allumés volontairement par les propriétaires de scieries. « C'est une perte inestimable pour l'humanité », dit Romano Salvador, professeur à la retraite de la faculté de pharmacie de l'Université de Montréal et ancien président de la Société nord-américaine d'ethnopharmacie.

Mais, depuis que les médias ont commencé à s'intéresser à l'Amazonie, les incendies ont brusquement diminué. Et la plus grande forêt de la planète est progressivement devenue le Klondike des compagnies pharmaceutiques, des biologistes, des botanistes et des bioprospecteurs, c'est-à-dire de ceux qui cherchent les plantes médicinales de l'avenir.

Pourquoi l'Amazonie ? Parce qu'elle recèle une incroyable biodiversité : des centaines de milliers de plantes, dont la plupart n'ont jamais été répertoriées. Un phénomène unique en son genre. « Vous n'avez qu'à marcher un kilomètre dans la forêt, à partir d'une route ou d'une rivière, et vous

êtes certain de tomber sur des plantes qui n'ont jamais été recensées », dit Pierre Zaya, scientifique principal au Centre de recherche pour le développement international (CRDI), à Ottawa. « Prenez un carré de 10 mètres dans les forêts amazonienne et canadienne, poursuit le chercheur, et comparez : vous trouverez 1 000 fois plus de variétés en Amazonie ! » « L'Amazonie a un fleuve gigantesque, dit Romano Salvador, au bassin absolument incroyable — jusqu'à 300 kilomètres à certains endroits — et il y a eu là une évolution de la flore que l'on ne trouve nulle part ailleurs. »

Cette abondance exceptionnelle fait de l'Amazonie le plus grand réservoir pharmacologique du monde. Ainsi, depuis que les premiers Européens s'y sont aventurés, autour du XVIII^e siècle, d'innombrables plantes médicinales ont été découvertes ou simplement récupérées de l'héritage culturel des populations locales. Il serait fastidieux de toutes les répertorier, mais mentionnons que les biologistes Richard Evan Shultes et Robert Taffauf ont publié un volumineux répertoire des plantes amazoniennes — de plus de 500 pages — où l'on trouve de tout : des plantes pour teindre, anesthésier, soigner, désinfecter, enlever l'appétit et même des plantes contraceptives. Parmi les plus connues : la coca, qui provient des flancs frais des collines de Bolivie; le curare, une substance paralysante qu'on utilise pour détendre les mus-



Denis Marchand / CRDI

cles lors d'interventions chirurgicales; et la quinine, connue des Indiens et mise en marché par les jésuites pour le traitement du paludisme.

Mais l'intérêt premier de la forêt amazonienne, c'est ce que l'on soupçonne d'y découvrir : de nouvelles molécules permettant de soigner et de guérir des maladies dévastatrices comme le cancer. « C'est là-dessus que les grandes compagnies pharmaceutiques concentrent leurs efforts de recherche, dit Pierre Zaya. Ça les intéresse autrement plus que le paludisme ou la maladie de Chagas ! »



On a déjà identifié des plantes inhibitrices de tumeurs, rappelle Romano Salvador, « mais certaines sont très toxiques et d'autres n'agissent que pour certains types de cancer ». Un arbre appelé Pau D'Arco semble également prometteur, dit Aldo Lo Curto, un médecin italien qui a passé des années à sillonner la forêt amazonienne et également conseiller scientifique de l'exposition sur l'Amazonie qui se tient actuellement au Musée de la civilisation de Québec. « On a découvert qu'une substance de cet arbre, que les Indiens connaissent depuis longtemps, bloque la

croissance de tumeurs cancéreuses. Cependant, en Occident, on n'a pas encore mis cette découverte en pratique. »

En fait, il y a un fossé entre la découverte de plantes potentiellement intéressantes, leur exploitation et leur mise en marché. Un fossé si profond qu'il a déjà fait baisser les bras à plusieurs gros joueurs de l'industrie.

Actuellement, la plupart des grandes compagnies pharmaceutiques sont établies au Costa Rica, un pays considéré comme politiquement stable. Elles emploient des centaines de chercheurs et de bioprospec-

teurs qui travaillent de concert avec les Indiens. Le problème, c'est qu'il est impossible pour une compagnie qui fait une trouvaille intéressante de faire breveter sa découverte. « Lorsqu'une plante fait déjà partie de l'usage public, confirme Pierre Zaya, il est impossible de la faire breveter. Elle est la propriété de tous. » Par le fait même, elle perd tout intérêt pour les multinationales qui veulent obtenir l'exclusivité ou rien. « On gaspille des plantes qui ont un potentiel, explique-t-il, car aucune entreprise locale ne peut assumer les coûts de production et de mise en marché internationale

d'un nouveau médicament qui peuvent s'élever à 250 millions de dollars. »

C'est ainsi que plusieurs plantes médicinales ne sont exploitées que localement, comme l'Ibifam, un diurétique utilisé contre les infections des reins et commercialisé dans tout le Brésil par une petite entreprise affiliée à l'Université fédérale de l'État de Para, en Amazonie de l'Est. Il coûterait trop cher de le commercialiser à l'échelle mondiale.

La nature même de la forêt amazonienne, extrêmement dense et dangereuse, pose également un problème d'exploitation aux géants de la pharmacologie. De plus, même les plantes résistent à une exploitation intensive... « D'abord, il faut parvenir à faire la bonne identification botanique, dit Romano Salvador, ce qui n'est pas toujours évident. Puis, il faut que tous les essais cliniques se fassent avec la même plante. On a constaté que des plantes identiques ne fournissent pas nécessairement le même rendement d'une année à l'autre. »

Malgré toutes ces difficultés, les compagnies pharmaceutiques persistent. Pourquoi ? Parce qu'elles gardent toujours espoir de trouver LA molécule révolutionnaire, celle qui effacera d'un seul coup tous les échecs passés. Mais aussi, explique Romano Salvador, parce que ces compagnies voient leurs parts de marché diminuer progressivement au profit de la phytothérapie — le traitement des maladies par les plantes —, une vague qui déferle sur l'Occident depuis quelques années. « Je sais, ajoute-t-il, que la compagnie Merck Frosst, entre autres entreprises, est inquiète et qu'elle fait de la recherche intensive en phytothérapie. Mais il lui faut développer un produit de synthèse pour obtenir un brevet. »

Cet engouement pour la phytothérapie inquiète l'ancien professeur. Selon lui, il se fait aujourd'hui un peu n'importe quoi au nom des médecines dites « naturelles ». À long terme, l'utilisation abusive des plantes amazoniennes pourraient occasionner des problèmes de santé publique. « Ce qui est bon pour un Indien péruvien ne l'est pas nécessairement pour nous, dit-il. Il est possible que les gens d'ici développent une intolérance à certains produits qui n'ont pas été véritablement testés en laboratoire. »

En outre, est-ce que l'engouement soudain pour les plantes médicinales peut mettre l'Amazonie en danger ?

Les pires menaces qui pesaient sur la grande forêt sont derrière nous, pense Pierre Zaya. Même si on trouvait une plante miracle, impossible à synthétiser, quelque part au fin fond du Brésil, il est

Lorsqu'une plante fait déjà partie de l'usage public, il est impossible de la faire breveter. Elle est la propriété de tous. Par le fait même, elle perd tout intérêt pour les multinationales.



Pierre Zaya, scientifique principal au Centre de recherche pour le développement international : « On gaspille des plantes qui ont beaucoup de potentiel. »

difficile de croire qu'on arriverait à l'exploiter jusqu'à épuisement des stocks. Les Ongles de chat, par exemple, des arbres utilisés notamment pour combattre les infections rénales et extrêmement populaires en Amérique du Nord depuis deux ans, commencent à se faire rares au Pérou. Sauf qu'en donnant une valeur commerciale à cet arbre, dit Pierre Zaya, les compagnies ont encouragé les habitants à le replanter et ont contribué, indirectement, à le protéger.

En fait, le pillage n'est pas autant physique qu'intellectuel, croit-il. Les peuples indiens qui fournissent leur savoir aux chercheurs et aux bioprospecteurs ne bénéficient en rien des retombées commerciales des produits. Pourtant, leur savoir est immense, rappelle Aldo Lo Curto.

Selon lui, l'intérêt pour le savoir médical des peuples indiens est à la fois une chance et un malheur : tôt ou tard, le contact avec

la civilisation leur fera perdre leurs connaissances ancestrales. « Ces gens sont menacés physiquement, dit Aldo Lo Curto, car ils peuvent être décimés à tout moment par des épidémies apportées par des Occidentaux. Mais aussi culturellement : quand on met une pharmacie dans un village, les habitants ne se déplacent plus en forêt pour trouver la plante qui soulage un mal de tête et perdent ce savoir. Pour l'instant cependant, lorsque le problème de santé devient vraiment sérieux, c'est encore vers le chamane qu'on se tourne. »

Mais encore là, le nombre de chamans ne cesse de décroître et la relève est quasi inexistante. « Chaque fois qu'un guérisseur meurt, dit Salvador Romano, c'est tout un pan de son savoir qui disparaît. »

Aldo Lo Curto croit qu'il est temps de reconnaître « le droit à la propriété intellectuelle des Indiens ». Il faut admettre que, sur ce point, les Occidentaux agissent de la même façon que les premiers archéologues avec les trésors africains ou asiatiques : on les déterre et on part avec eux !

« Aujourd'hui, dit Pierre Zaya, il ne viendrait à l'idée d'aucun archéologue de faire l'excavation de sites et de tout ramener à New York ou à Londres, comme au XIX^e siècle. On travaille en groupes multinationaux, et les trésors demeurent sur place. Mais on n'en est pas rendu là avec les plantes médicinales ! »

Les chercheurs du CRDI veulent que le traitement des substances et des molécules se fassent dans les pays d'origine des plantes. « Ce qui nous intéresse, dit Pierre Zaya, c'est de trouver dans ces régions des plantes qui peuvent être transformées sur place et vendues sur les marchés extérieurs, au meilleur coût possible. » C'est ce que compte faire le CRDI au Costa Rica avec un projet d'extraction de l'ipéca, une plante tropicale utilisée à la fois comme émétique — pour faire vomir — et pour le traitement de l'hypertension.

Une compagnie pharmaceutique californienne, du nom de Chamane, a par ailleurs fait un premier pas en s'engageant à faire bénéficier les populations locales de l'exploitation des plantes de leur territoire. Les Indiens reçoivent des sommes d'argent avant même la mise en marché du médicament. « Les grandes compagnies, dit le chercheur du CRDI, assurent aux Indiens 5 % des profits dans 15 ans. Mais pour les Indiens d'Amazonie, 15 ans, ça veut dire jamais ! » ●

Pour en savoir plus

Le Musée de la civilisation de Québec présente une exposition sur l'Amazonie. Info : (418) 643-2158



Ph. Y. Lefranc / © Palais de la découverte, Paris

Toutes fourmis unies

Sans patron
ni plan d'action — et avec
à peine quelques dizaines de
milliers de neurones —,
les fourmis parviennent
à accomplir de véritables
petits miracles.
Parce qu'elles travaillent
en équipe.

par **Caroline Julien**

Les fourmis sont-elles intelligentes ?
Sûrement pas si on les prend indivi-
duellement, mais, collectivement,
elles font preuve d'une intelligence qui ne
cesse de surprendre les personnes qui les
observent. La fourmi des bois, par exem-
ple, construit sans plan ni contremaître
un dôme en aiguilles de sapin de 1,5 mè-
tre qui comprend plusieurs mètres de
chambres et de galeries. La fourmi du
Jura, elle, développe de gigantesques ré-
seaux souterrains, formés de plus d'un
millier de nids, longs de dizaines de kilo-
mètres et pouvant abriter des centaines
de millions d'individus ! De plus, les colo-
nies communiquent entre elles et vont
jusqu'à s'échanger de la main-d'œuvre ou
de la nourriture, en cas de besoin.

Comment des fourmis, des insectes dont

la matière grise est somme toute limitée,
peuvent-elles former des groupes aussi or-
ganisés et édifier des structures aussi
spectaculaires ?

On a longtemps pensé que l'ouvrière
était génétiquement « programmée » pour
accomplir son boulot. On sait maintenant
que ce n'est pas le cas et qu'en fait elle ne
connaît même pas la forme du nid qu'elle
construit ! Qui plus est, aucun individu ne
dirige le travail de la colonie, pas même la
reine. Alors, comment ces insectes réussis-
sent-ils à coordonner leurs actions ?

Le chimiste Jean-Louis Deneubourg,
responsable du laboratoire d'écologie com-
portementale de l'Université libre de
Bruxelles, étudie les insectes sociaux.
Dans son laboratoire, il a installé des
plates-formes d'expérimentation faites de



Gros plan sur *Myrmica wheeleri*, une fourmi ouvrière qui a tendance à rôder autour des pique-niqueurs.

grands panneaux circulaires en carton, parfois recouverts de sable et clôturés d'une bande glissante où vivent de petites colonies de fourmis.

Sur l'un de ces plateaux, deux de ses étudiantes, Valérie Van Laere et Laetitia Chrétien, ont observé la construction d'un cimetière de fourmis. Les deux chercheuses ont déposé des cadavres dans le nid et noté le comportement des habitantes : spontanément, celles-ci ont ramassé les corps et les ont regroupés à une distance respectable du nid. Leur expérience illustre le fonctionnement d'une fourmilière. Affairées à déplacer les corps, les fourmis n'ont aucune idée d'ensemble de la problématique. En revanche, elles savent comment réagir au travail des autres ouvrières.

Ainsi, lorsqu'une fourmi transporte un premier cadavre, elle se déplace au hasard et le dépose n'importe où. Par contre, elle dépose le deuxième cadavre au même endroit et d'autres, après elle, font la même chose. À la longue, elles forment de petits tas, et plus ces tas sont importants, plus les fourmis sont susceptibles d'y abandonner leur chargement. Parallèlement, certaines fourmis saisissent des cadavres sur les plus petits tas pour les déposer sur des tas plus importants, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il n'y ait plus qu'un seul gros amoncellement, devenu le cimetière de la fourmilière.

Les fourmis sont donc stimulées par le travail des autres fourmis. Philippe Rasse, également étudiant au laboratoire d'écologie comportementale, a observé un phénomène semblable lors de la construction du nid. Il a rempli des pots avec du sable, puis il les a recouverts d'une pellicule de plastique qu'il a percée d'un trou. Les fourmis, qui logeaient dans une boîte attenante, ont

emprunté l'ouverture pour creuser un nid dans le pot. « En cours de construction, si on remplace le premier groupe de fourmis par un autre, explique-t-il, les nouvelles arrivantes continuent le travail entrepris. Lorsqu'une fourmi creuse un tunnel, elle dépose une substance chimique, une phéromone, que les autres fourmis peuvent détecter. Cette phéromone attire les nouvelles fourmis, qui viennent creuser à leur tour. »

« La même technique est mise à profit pour d'autres activités, explique Jean-Louis Deneubourg. Lorsqu'une fourmi part à la chasse et découvre la manne, elle en ramène un peu vers le nid en marquant la piste d'une phéromone, puis les autres suivent sa piste. » Les fourmis vont également marquer les pistes qui mènent aux sources les plus riches en sucres ou encore à celles qui sont les plus près du nid.

Cette collaboration entre les fourmis a été décrite pour la première fois dans les

Des fourmis-robots tondront bientôt votre gazon

Les fourmis inspirent les roboticiens qui rêvent de concevoir des aides mécanisées efficaces et dociles.

De plus en plus, les comportements fascinants des insectes sociaux inspirent les spécialistes de l'informatique et de la robotique. Si bien que le rêve d'un robot conçu à l'image de l'homme cède progressivement le pas à l'idée d'une coopération entre une multitude de petits robots, plus proches de l'insecte que du bipède.

James Mc Lurkin, roboticien au Laboratoire d'intelligence artificielle du MIT, a conçu une colonie de microrobots qu'il a baptisés The Ants. Chacun d'eux mesure 2,5 cm³ — soit moins gros qu'une balle de golf ! —, a six pattes articulées et est équipé d'un émetteur infrarouge à l'arrière et d'un récepteur à l'avant. Ces deux appareils lui permettent de communiquer avec les autres.

Comme de véritables fourmis, les robots en liberté se mettent d'abord à parcourir l'espace en tous sens. Puis, un robot capte le signal infrarouge d'un autre et se met à le suivre. Au bout d'un certain temps, tous les robots se suivent l'un derrière l'autre. Mais aussitôt qu'ils arrêtent d'émettre des signaux, ils se dispersent à nouveau dans la pièce.

James Mc Lurkin rêve de voir un jour une colonie de robots explorer la planète Mars et même participer à la construction d'une base spatiale. Il imagine aisément quelques robots occupés à transporter du matériel, d'autres vissant des pièces ou installant le revêtement protecteur de la base. Le département de la défense américaine a d'ailleurs remarqué le potentiel de ces machines et finance actuellement le Laboratoire d'intelligence artificielle pour le développement de microrobots pouvant détecter et rapporter les bombes à basse fragmentation enterrées dans les zones de guerre.

En Belgique, dans le laboratoire de Jean-Louis Deneubourg, on travaille à la mise au point de robots destinés à la surveillance d'un entrepôt. Équipés d'une caméra reliée à un poste de surveillance, les robots pourraient rendre compte de leurs observations, tout en restant complètement indépendants des modifications apportées à la configuration de l'entrepôt, ce qui éviterait de reprogrammer le système chaque fois qu'une nouvelle caisse est déposée quelque part.

En fait, les possibilités sont multiples. Il est question, par exemple, de construire des robots sensibles à la chaleur qu'on utiliserait pour détecter les incendies et guider les équipes de secours dans un édifice. Et même, pour le plus grand bonheur des propriétaires de terrains de golf, une colonie de microrobots pour tondre le gazon !

On n'arrête pas le progrès...

Sans gêne

Le Québec compte 95 espèces de fourmis sur les 12 000 recensées sur la planète. Parmi celles-ci, explique André Francœur, biologiste de l'Université du Québec à Chicoutimi, quelques-unes ont développé des comportements hors de l'ordinaire. Ainsi, une espèce qui appartient au genre *Formicoxenus* se la coule douce en élevant des pucerons (photo) qui lui fournissent une bonne source de nourriture. De plus, comme cette espèce ne bâtit pas de nid, elle a pris l'habitude d'emménager dans le logement d'une autre espèce, *Myrmica*, et de dévaliser son réfrigérateur !

Comment s'y prend-elle ? D'abord, elle soutire littéralement le pain de la bouche de son hôte en s'emparant d'une partie du liquide régurgité pendant un échange de nourriture entre deux ouvrières. Elle vole aussi des morceaux d'insectes destinés au couvain de *Myrmica* et, parfois, dévore le couvain lui-même.

Comme si cela ne suffisait pas, *Formicoxenus* n'hésite pas à s'attaquer à son hôte, pourtant de trois à cinq fois plus gros qu'elle, simplement pour bien montrer qui est le patron !



Claude Ponthieux

années 50 par le biologiste français Pierre Paul Grassé. Il disait des insectes sociaux : « Ils ne dirigent pas leur travail, ils sont plutôt guidés par lui. » À cette forme de stimulation, Pierre Paul Grassé a donné le nom de « stigmergie ».

Aujourd'hui, plusieurs chercheurs essaient de comprendre les mécanismes qui régissent les comportements collectifs. Nigel Franks, biologiste à l'Université de Bath, en Angleterre, observe les comportements d'une fourmi européenne très commune, *Leptothorax*. Cette espèce construit un nid très simple, un nid à deux dimensions et logé dans les crevasses des rochers. En laboratoire, il a reproduit cette crevasse au moyen de deux lames de microscope.

« Lorsque nous déposons du sable près de la crevasse improvisée, explique-t-il, les fourmis l'utilisent pour se construire un nid. Une fois le travail terminé, si on remplace la première colonie par un deuxième groupe de même importance, les nouvelles fourmis se contentent de leur nouveau nid.

Mais si nous ajoutons des fourmis pour grossir la colonie, les ouvrières vont immédiatement commencer à agrandir la fourmilière. »

Deborah Gordon, biologiste à l'Université de Stanford et auteur d'un article sur le sujet dans la revue *Nature*, croit que certains indices, comme la densité, permettraient aux fourmis de deviner l'état de la situation. « Si le nombre d'individus dans un périmètre donné augmente, le nombre de rencontres va également s'élever, et il est possible que les fourmis réagissent à cette variation. » De la même façon, sur une autoroute congestionnée, il n'est pas nécessaire de compter le nombre de voitures pour comprendre qu'il est préférable d'emprunter une autre route !

Thierry Van Dam, un collaborateur de Jean-Louis Deneubourg, essaie pour sa part de comprendre comment les fourmis des bois coordonnent leurs actions pour transporter des objets lourds. Pour parvenir à transporter des branches de plus de

10 centimètres, explique-t-il, elles doivent s'entraider. Si l'objet est trop lourd pour la fourmi qui le découvre, elle ira recruter quelques-unes de ses congénères. Si c'est encore trop lourd pour elles, elles recruteront tant et aussi longtemps qu'elles n'arriveront pas à déplacer l'objet. Le nombre d'individus recrutés équivaut toujours au nombre minimum nécessaire au transport, a constaté le chercheur.

On peut observer ce comportement de

base chez plusieurs autres espèces de fourmis, comme chez *Écophile*, une espèce tropicale dont les membres s'assemblent en chaîne pour franchir des obstacles. La première mord une feuille et la tire vers l'arrière, la deuxième s'accroche ensuite au pétiole de la première (une région du corps située entre le thorax et l'abdomen), la troisième répète le même manège et ainsi de suite jusqu'à ce que les fourmis forment un véritable pont vivant.

Pour Jean-Louis Deneubourg, un mot qualifie l'ensemble de ces comportements : l'auto-organisation. Ce processus décrit plusieurs phénomènes tant physiques et chimiques que biologiques. Le fonctionnement du système immunitaire en est un bon exemple. Les cellules du système immunitaire ne sont pas dirigées par un poste de contrôle central. Comme les fourmis, elles s'auto-organisent, ce qui leur donne en groupe un peu plus d'intelligence qu'elles n'en ont individuellement et leur permet d'accomplir leur tâche. ●

Le magazine

Québec Science

Fiable et passionnant !

Toute l'actualité

en 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.

**Offre spéciale
33^e anniversaire
6 numéros pour 22,95 \$ seulement**

Cette offre expire le 30 septembre 1996.



**Commandes
téléphoniques**

Québec : (418) 657-4391
Ailleurs : 1-800-613-4391

Votre cadeau

1 reliure pour
l'abonnement de 2 ans
2 reliures pour
l'abonnement de 3 ans

50

☐ **je m'abonne
à Québec Science**

☐ **j'offre un abonnement**

☐ **6 numéros 22,95 \$ TTC**

☐ 1 an (10 n°) 37,60 \$ TTC

☐ 2 ans (20 n°) 64,95 \$ TTC

☐ 3 ans (30 n°) 89,91 \$ TTC

Tarifs valables au Canada
seulement.

**Détachez et expédiez à
Québec Science**

C.P. 250,
Sillery (Québec) G1T 2R1
Tél.: (418) 657-4391
Télec.: (418) 657-2096

Internet:
courrier@QuebecScience.qc.ca

Faites-moi parvenir la (les) reliure(s) ☐

Faites-la (les) parvenir à la personne que j'abonne ☐

(Allouez 4 semaines pour l'expédition)

Nom

Prénom

Adresse

n°

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

Offert par : Nom

Prénom

Adresse

n°

rue

app.

ville

province

code postal

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



La pollution fait tourner l'industrie

Une aluminerie émet en permanence de l'acide fluorhydrique, un gaz extrêmement polluant et dévastateur pour la flore. Heureusement, Porcédair, une filiale du groupe français Fives-Lille, a mis au point un filtre industriel qui permet de réinjecter cet acide dans la chaîne de production de l'aluminium.

Porcédair a bâti sa réputation sur le traitement des gaz émanant des cuves d'électrolyse de l'aluminium et a choisi d'établir ses quartiers nord-américains au Québec puisqu'on y trouve 40 % de l'aluminium produit sur le continent.

Actuellement, les réglementations de plus en plus sévères en matière de pollution donnent des ailes à ce type d'entreprises et à leurs sous-traitants. Il ne faut pas oublier que la construction de systèmes de filtres antipollution dans de grandes industries peut coûter entre 200 000 dollars et... 30 millions de dollars.

Le filtre conçu par Porcédair peut récupérer 99 % de l'acide fluorhydrique dans les alumineries. Il intéresse également les dirigeants d'incinérateurs de déchets industriels, les responsables de fours de verrerie, de cimenterie et de sidérurgie ainsi que les fabricants de filtres pour la cuisson.

Mon édifice est plus « brillant » que le tien !

L'édifice du Centre Molson est « intelligent »... mais il l'est moins que celui de la Standard Life, à Montréal. Ce dernier deviendra cet automne l'un des deux premiers bâtiments vraiment intelligents au Québec — l'autre étant le nouveau site de l'École de technologie supérieure.

C'est l'Intelligent Building Institute, de Washington, qui décerne les « diplômes » d'intelligence supérieure. On aura compris qu'ici les fils et les câbles font office de neurones. Et que si le quotient intellectuel des édifices de la Standard Life et de l'École de technologie supérieure est plus élevé que celui du Centre Molson, c'est parce que les premiers intègrent différents systèmes informatiques et services à l'intérieur même de la structure de l'édifice, contrairement à la plupart des bureaux informatisés, où les fils relient tout simplement les micro-ordinateurs de l'étage à l'imprimante centrale. Pour mettre en place des systèmes de gestion pleinement intégrés, l'ETS a profité de la construction

de son nouveau bâtiment et la Standard Life, de rénovations très importantes.

Si le Centre Molson est plus « bête », c'est parce que ses « neurones » lui permettent de remplir uniquement des fonctions déjà programmées et limitées dans le temps et l'espace. Par exemple, le chauffage, la ventilation et l'éclairage (qui entrent en activité lorsque les lieux sont occupés), l'alternance des messages sur les panneaux publicitaires, mais aussi le fonctionnement d'outils permettant de s'assurer qu'il reste suffisamment de bière et de boissons gazeuses chez les concessionnaires.

La tactik de Bell

La nouvelle folie furieuse dans le monde d'Internet s'appelle « intranet ». Il s'agit de réseaux informatiques constitués exclusivement pour les besoins d'une grande entreprise, mais qui utilisent les outils conçus à l'origine pour Internet, notamment les logiciels fureteurs comme Netscape.

Le système est efficace, sauf qu'on s'aperçoit qu'un réseau interne ne peut vivre indéfiniment en vase clos : il faut, un jour ou l'autre, que les entreprises arrivent

à le relier aux réseaux internes des instituts de recherche ou des autres compagnies avec lesquelles elles ont forgé des alliances. Et c'est là que ça accroche : si les logiciels mis au point pour Internet peuvent facilement servir à créer un « mini-Internet », aucun, en revanche, n'a été conçu pour communiquer avec d'autres réseaux semblables.

Bell a vu là un marché prometteur et a conçu la « solution d'affaires » Tactik, la première à offrir une « boîte à outils » qui permet de mettre en relation différents intranets et qui facilite les échanges de documents, de courrier, de télécopies et même de fonds entre les entreprises.

En prime, Bell offre une passerelle pour accéder au « véritable » Internet. Le tout s'inscrit dans le cadre du développement de cette mythique « inforoute Bell ». ●



par Raynald Pepin

Des hauts et des bas

Tout ce qui monte doit redescendre.
Soit, mais il y a redescendre et redescendre...

Oooh ! Aaaaah ! Difficile de rester stoïque quand on fonce à 100 km/h vers le sol, qu'on s'incline de 30 degrés sur le côté ou qu'on effectue sa 20^e rotation en 1 minute ! L'été dernier, pour les besoins de cet article, j'ai courageusement risqué ma vie en passant une demi-journée à La Ronde, et cela, même si à mon âge je me sens étourdi sur une simple balançoire !

Le plaisir distillé par les manèges à sensations fortes ressemble à celui des films d'horreur : on se fait peur, tout en étant (presque) convaincu qu'il n'y a pas de danger. Et plus ça va vite, plus ça tourne, plus c'est excitant.

Le simple carrousel illustre un principe de physique important dans les parcs d'attractions. Si vous avez déjà enfourché différents chevaux d'un carrousel, vous avez probablement remarqué qu'il est plus amusant d'être situé vers l'extérieur plutôt que vers l'intérieur.

C'est que, dans un mouvement circulaire, l'accélération est proportionnelle au carré de la vitesse. En étant deux fois plus loin du centre, on va deux fois plus vite. L'accélération, et la force qui l'engendre, est alors deux fois plus grande. La force qui infléchit notre trajectoire pour nous faire accomplir un cercle est dirigée vers le centre et qualifiée de « centripète ».

Dans le carrousel, la force centripète est exercée par notre cheval sur nos jambes. Le

reste de notre corps tend à continuer en ligne droite, donc à pencher vers l'extérieur : on dit alors qu'on est soumis à une force centrifuge, mais cette façon de voir ne traduit qu'une impression.

L'illusion centrifuge est à la base de tous les manèges qui tournent. Le plaisir augmente quand la vitesse et la direction du mouvement varient, car la grandeur et la direction de la force centrifuge apparente changent également.

Les montagnes russes et les manèges apparentés fournissent les meilleures occasions de crier. À en juger par la longueur des files d'attente, ce sont aussi les plus populaires.

Le train des montagnes russes n'est pas motorisé : il est accroché à une chaîne actionnée par un moteur qui tire les

wagons le long de la première côte. Au sommet, le train est libéré. Au début, le train avance lentement, mais la première descente est longue et raide (une dénivellation de 24 mètres à environ 30 degrés à La Ronde) et la vitesse augmente très rapidement. En montant la côte suivante, la vitesse diminue jusqu'au sommet. Ces variations de vitesse se poursuivent jusqu'à l'arrivée. Hélas, on n'a pas le temps de penser à ces considérations physiques : on se cramponne à la barre de retenue, en espérant seulement sauver notre peau ! Ce n'est d'ailleurs pas un hasard si les anglophones appellent ces charmantes balades des « *white-knuckle rides* » !

En abordant la première descente, le premier wagon roule lentement et nous offre une

vue imprenable sur le gouffre qui nous attend. Dans les derniers wagons, on éprouve une tout autre sensation. Au fur et à mesure que les wagons précèdent entament la descente et « tombent », l'accélération augmente et la force exercée par le siège augmente proportionnellement.

Les derniers wagons passent donc au sommet avec une vitesse assez importante. Cette vitesse, tangente à la trajectoire, est dirigée horizontalement. Lorsque les wagons entament la descente, on continue de se mouvoir horizontalement et notre siège se dérobe. Soudainement, la force exercée par le siège devient nulle, nous donnant l'illusion d'en être éjecté. On se trouve, pendant un bref moment, en apesanteur !



Pierre-Paul Pariseau

C'est la barre de sécurité qui nous retient. Pour démontrer leur courage, certaines personnes gardent leurs bras en l'air en passant au sommet des côtes. Admirable, bien qu'il soit arrivé dans le passé qu'une barre de retenue fasse défaut et que des passagers soient éjectés... C'est donc plus sage d'empoigner la barre. Notons toutefois que, selon une étude

il ne pas les rails ? C'est que le wagon précédent tire et retient le suivant. De plus, les wagons des manèges sont dotés de trois types de roues, situées au-dessus, en dessous et sur le côté du rail.

Si on se sent léger au sommet d'une côte, on éprouve la sensation contraire en bas : on se sent écrasé sur notre siège, comme si notre poids avait augmenté. Dans la « vallée », le siège exerce une force centripète dirigée vers le haut, de façon qu'on suive la courbe de la voie. Comme la vitesse à cet endroit est élevée (jusqu'à 96 km/h au bas de la deuxième côte du Monstre de La Ronde), la force centripète doit être grande. Cette force s'ajoute à celle exercée par le siège pour compenser notre poids. La force totale exercée vers le haut est donc élevée, ce qui fait qu'on se sent écrasé sur le siège.

Le fin du fin, c'est la boucle verticale (comme, à La Ronde, dans le Boomerang ou le Cobra). Entamant la boucle à grande vitesse, le train grimpe et arrive en haut avec une vitesse moindre. Il est retenu sur les rails par les roues qui se trouvent sous la voie en temps normal, mais au-dessus au sommet de la boucle. Sans harnais, on dégringolerait jusqu'en bas. Charmante sensation quand on tourne à toute vitesse la tête en bas ! « Le rayon de la trajectoire est assez petit, dit André Lemaire, inspecteur des manèges à La Ronde, et dans un manège comme le Boomerang, l'accélération centripète atteint brièvement 3,7 g, soit 3,7 fois l'accélération gravitationnelle. En comparaison, l'accélération ne dépasse guère 2 g dans les montagnes russes. »

Et si ces aventures au parc d'attractions n'ont pas réussi à vous émouvoir, il vous reste toujours le bungee ou la tauromachie.

Bon été ! ●

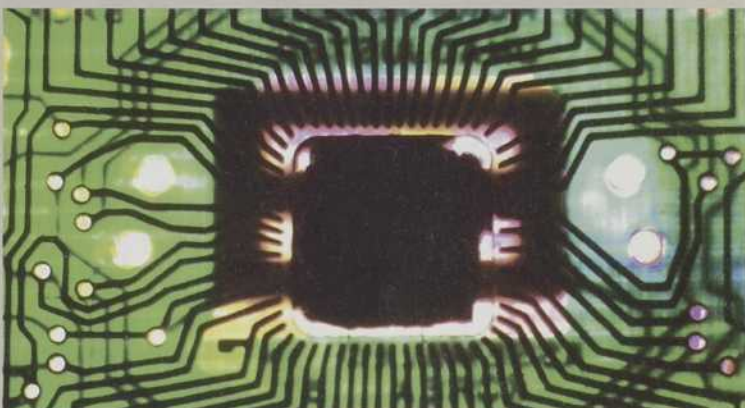
À lire

Dans le prochain numéro

Bientôt l'ordinateur vivant ?

Pour accroître la performance de l'ordinateur, on tente de lui greffer des neurones. Le mariage du vivant et de l'informatique ?

par Félix Légaré et Philippe Chartier



Les mutants dans nos assiettes

Les généticiens sont aux fourneaux : ils nous préparent du porc sans gras, des fruits plus savoureux, du maïs plus sucré. Mais il leur reste à passer l'épreuve de la table.

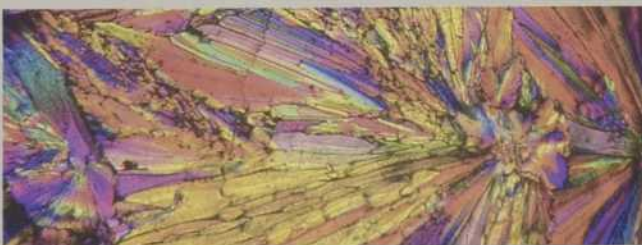
par Stéphan Dussault



Voyage au centre de la Terre

La chimie des profondeurs de la planète intrigue les géologues. Ils nous convient à un voyage fabuleux... et théorique, bien sûr.

par Valérie Borde



Bouquet marin

Au Japon, elles font partie du menu quotidien. Au Québec, les algues ont quelques adeptes gastronomes. Sans plus. En fait, elles sont passablement méconnues. Pourtant, elles sont d'une qualité remarquable. Quelques clefs pour identifier celles que l'on trouve échouées le long des rives du golfe du Saint-Laurent.

par Claire Gagnon

Peut-on bronzer à travers le verre ?

(La question du mois dernier)

Oui. Une vitre ordinaire de 0,25 cm d'épaisseur n'offre qu'un FPS de 7 environ. Il est toutefois rare qu'on se plante assez longtemps devant une fenêtre pour en arriver là.

À l'agenda

Au Musée de la civilisation de Québec,
(418) 643-2158

Le génie créateur des bricoleurs

Idées et ingéniosité sont les matières premières de l'invention. On vous propose une incursion dans le monde des inventeurs québécois et vous explique comment une simple bricole peut parfois se transformer en un produit commercial. Jusqu'en septembre 1996.

Au Musée du séminaire de Sherbrooke,
(819) 564-3200

Au-delà de la toile

Une exposition qui souligne l'ingéniosité des araignées et perce les mystères qui entourent ces tisserandes hors pair. Jusqu'au 8 septembre 1996.

Au Planétarium de Montréal,
(514) 872-4530

Qui a tué les dinosaures ?

Les scientifiques proposent aujourd'hui différentes hypothèses pour expliquer l'extinction des dinosaures. De la chute d'une grosse météorite au microbe qui aurait foudroyé les carnassiers et les lézards du crétacé. La fin du Parc jurassique telle qu'elle est perçue par les astronomes. Du 27 juin au 10 octobre 1996.

À la Cité des arts et des nouvelles technologies de Montréal, (514) 849-1612

Cerveaux branchés

C'est par là que tout passe : nos émotions, nos rêves, nos pensées. Mais le cerveau demeure à plusieurs égards mal compris. L'exposition « Notre cerveau, ce super ordinateur vivant » nous fait découvrir son fonctionnement. Jusqu'au 13 janvier 1997.

Pour annoncer des événements d'éducation scientifique d'intérêt général dans cette colonne, faites parvenir vos communiqués de presse à Québec Science (rubrique « À l'agenda », 425, rue de la Gauchetière Est, Montréal (Québec) H2L 2M7.

La rédaction se réserve le droit de sélectionner les événements à mettre à l'agenda.

Balade au dépotoir

La visite au site d'enfouissement de Lachenaie n'a rien de bucolique, mais elle est instructive. Et très impressionnante.



Contrôle écologique des goélands à l'aide d'oiseaux de proie sur le site d'enfouissement sanitaire.

C'est un ballet incessant, une valse à trois temps entre les camions à ordures, les camions qui broient les déchets (de vrais monstres mobiles !) et les mouettes, des dizaines de milliers de mouettes qui crient et s'agitent autour des hommes qui travaillent au cœur du dépotoir. De temps en temps, un faucon dressé pourchasse ces pique-assiette volants et parvient à les disperser aux quatre vents. Mais pour quelques minutes seulement...

Entre avril et juin, 2 500 personnes, surtout des jeunes d'âge scolaire, sont venus visiter le site d'enfouissement de Lachenaie. Situé en bordure de l'île de Montréal, il appartient à Browning-Feris Industries, une des plus importantes sociétés de gestion des déchets en Amérique du Nord. Effet-choc garanti : on se rend compte d'un seul coup d'œil de l'impact environnemental que peut avoir un insignifiant sac à ordures lorsqu'il est multiplié par le nombre d'habitants d'une grande ville ! Que faire des sept millions de tonnes d'ordures ménagères que produit annuellement la population du Québec ?

Pour bien apprécier la visite, mieux vaut débiter au centre d'interprétation de la nature des déchets, le centre Mobius. Dans une salle de classe, où les tables et l'armature sont faites de matériaux recyclés, les jeunes apprennent à faire du compost, découvrent la composition des sacs à ordures et la progression de la décomposition des déchets. Sur les murs, une série de panneaux expliquent comment sont enfouis les déchets des municipalités environnantes, et donnent des renseignements scientifiques et environnementaux sur

la gestion et l'exploitation du site.

Après un contrôle de la nature des déchets à l'aide d'un détecteur de radioactivité et leur pesage pour la facturation (autour de 30 dollars la tonne), 500 camions viennent chaque jour déverser leur cargaison dans l'une des cellules d'enfouissement du site. Chaque cellule, d'une circonférence de 150 mètres, est creusée à même l'argile (à 10 ou 12 mètres de profondeur), un sol imperméable aux écoulements de lixiviat, le liquide toxique provenant de la putréfaction des déchets. Sur les côtés, un mur d'étanchéité et un fossé périphérique empêchent l'écoulement des eaux vers d'autres sols. Tout un système de filtres naturels (sable et pierres) permet au lixiviat de se rendre au tuyau de captage et d'être aspiré vers les trois bassins d'épuration des eaux. Il faut environ six mois pour remplir une cellule. Une douzaine de cellules sont déjà remplies. Mais le site d'enfouissement de Lachenaie est si vaste qu'il pourra recevoir des déchets pendant encore 4 à 13 ans ! Cela dit, malgré les odeurs parfois peu agréables, il faut visiter le site de même que la centrale électrique et ses quatre turbines pour comprendre l'ampleur du défi que le recyclage pose à la société de consommation. Saisissant.

Laurent Fontaine

Renseignements

Les visites sont gratuites. Réservez auprès de Christine Cormier, (514) 581-2390. Centre Mobius : Galerie des Chesnays, 319, montée des Pionniers, Lachenaie (autoroute 40, sortie 94). Site d'enfouissement : 3779, voie de service Nord, autoroute 640, Lachenaie (sortie 97).

Des chiffres et des jeux

par Jean-Marie Labrie

Jeu n° 5 Un seul chiffre suffit

Dans le système binaire, utilisé pour les ordinateurs, le nombre 31 s'écrit 11 111. Le nombre 33 est le plus petit nombre naturel qui, multiplié par 31, donne encore un nombre qui ne s'écrit qu'avec le chiffre 1 : $11\ 111 \times 100\ 001 = 1\ 111\ 111\ 111$.

Dans le système décimal, quel serait le plus petit nombre entier naturel qui, multiplié par 31, donne pour produit un nombre entier qui ne s'écrit qu'avec le chiffre 1 ?

Jeu n° 6 Un sondage sur trois sports populaires

Dans deux classes régulières de 5^e secondaire, comprenant chacune 36 élèves, on a recueilli les données suivantes :

- 45 élèves aiment le football;
- 43 élèves aiment le baseball;
- 56 élèves aiment le hockey;
- 26 élèves aiment autant le football que le baseball;
- 36 élèves aiment autant le football que le hockey;
- 40 élèves aiment autant le baseball que le hockey;
- seulement 24 élèves aiment ces 3 sports.

Quel est le pourcentage des élèves qui n'aiment aucun de ces sports et de ceux qui n'aiment qu'un seul de ces sports ?



(Solutions dans le prochain numéro)

Solutions de juin

Jeu n° 3 Un test de français écrit

Soit x le nombre de garçons et $36 - x$ le nombre de filles.

Cela donne : $23(36 - x) + 18,5x = 20,5 \times 36$

$$828 - 23x + 18,5x = 738$$

$$-4,5x = -90$$

$$x = 20$$

Il y a 20 garçons et 16 filles. On compte donc 4 garçons de plus que de filles.

Jeu n° 4 Trois dés à la fois

a) Il y a 4 progressions arithmétiques possibles avec 1 comme raison commune (1 2 3, 2 3 4, 3 4 5 et 4 5 6) et 2 progressions arithmétiques possibles avec 2 comme raison commune (1 3 5 et 2 4 6). Chacune de ces 6 situations peut se produire de 6 façons différentes avec les 3 dés : au total, il y a 36 événements appelés progressions arithmétiques. Nombre de cas dans l'univers des possibles : $6 \times 6 \times 6$ ou 216. Probabilité d'avoir une progression arithmétique : $36/216$ ou $1/6$.

b) Il n'y a qu'une seule progression géométrique possible avec 2 comme raison (1 2 4) et elle peut se produire de 6 façons différentes. La probabilité d'avoir une progression géométrique est donc de $6/216$ ou de $1/36$.

Niveaux de difficulté

● : débutant ■ : intermédiaire ◆ : expert



LES DÉBROUILLARDS

Le magazine drôlement scientifique des 9 à 14 ans

vous propose en juin-juillet-août :

Les vacances des Débrouillards

Cette section spéciale offre aux jeunes un choix d'activités simples et scientifiques à faire pendant l'été, de l'organisation d'un « safari abeilles » à l'observation des étoiles filantes en août prochain. Les jeunes y trouveront aussi des suggestions de livres et de sites sur Internet.

Les Jeux olympiques

- Testez vos connaissances sur les Jeux olympiques avec notre quiz.
- Faites la connaissance d'Antoinette Pascal, une jeune athlète de 12 ans qui s'entraîne en athlétisme. Les Débrouillards lui a fait rencontrer son idole : le sprinter canadien Bruny Surin.
- En BD : La bande des Débrouillards visite un laboratoire où sont effectués les tests antidopage.
- Notre chroniqueuse Marie-Andrée Amiot propose un choix de livres, d'émissions de télé et d'expositions sur le thème des Jeux olympiques !

Un miniroman

Des BD

En plus :

Des expériences amusantes à faire à la maison, des concours, des jeux, la rubrique des correspondants... 48 pages de découvertes !



Les Débrouillards est en vente dans plusieurs kiosques à revues et librairies au prix de 3,25 \$.

Pour s'abonner (1 an, 10 numéros : 29,57 \$), s'adresser à :

Magazine Les Débrouillards

2924, boul. Taschereau, bureau 201

Greenfield Park (Québec) J4V 3P1

Commande téléphonique (carte de crédit indispensable) :

(514) 875-4444 / 1-800-667-4444



Bond@007. agent.net

Guerres dans le cyberspace. Services secrets et Internet, par Jean Guisnel. Éditions La découverte, enquêtes, 1996, 252 p., 37,95 \$

Les espions ont investi le cyberspace ! Branchés sur Internet, ils ouvrent impunément notre courrier électronique, infiltrant les groupes de discussions, surveillent et pillent les bases de données. C'est ce révèle l'enquête menée par le journaliste français Jean Guisnel.

C'est la cryptographie quantique — une manière infailible de protéger l'information électronique (voir *Québec Science*, mars 1996) — qui pourrait mettre



hors jeu ces nouveaux Mata-Hari des services secrets. Évidemment, ils font tout pour que cela ne se concrétise pas. Passionnant.

Marcus Placebo, m.d.

Le mystère du placebo, par Patrick Lemoine. Éditions Odile Jacob, 1996, 238 p., 48,95 \$

Aussi étrange que cela puisse paraître, l'efficacité moyenne des placebos — c'est-à-dire des médicaments fictifs — est d'environ 30 %. Et, dans certains cas, ils causent même des effets secondaires ! Comment une pilule sans substance active, une coquille vide en somme, peut-elle avoir des vertus thérapeuti-



ques ? La science n'est pas en mesure de le dire. « Il serait temps de chercher à comprendre par quels mécanismes ce curieux et dérangeant phénomène peut se manifester », croit cependant Patrick

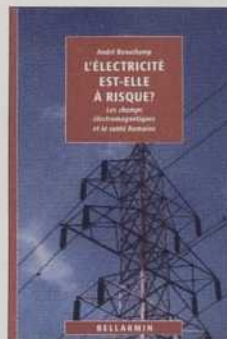
Lemoine, psychiatre français et auteur du livre *Le mystère du placebo*.

Certes, dit-il, il y a des réponses psychanalytiques, biologiques et même sociologiques à l'énigme du placebo, mais c'est notre rapport à la médecine qui doit être ici remis en question. Selon lui, meilleur est le climat de confiance entre le médecin et le patient, plus élevées seront les chances de succès du traitement. C'est donc le degré de

cette confiance que traduit l'effet des placebos. Intrigant.

Le cancer est-il électrique ?

L'électricité est-elle à risque ? par André Beauchamp. Éditions Bellarmin, 1996, 124 p., 19,95 \$



Depuis plusieurs années, les lignes à haute tension inquiètent les gens qui habitent dans leur voisinage. Mais les champs magnétiques qu'elles dégagent ont-ils vraiment un effet sur la santé ?

André Beauchamp, ancien président du Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, relance le débat et se demande si le jeu de l'électricité en vaut la chandelle.

Raymond Lemieux

CD-ROM

Planant !

L'aviation, du premier vol aux derniers essais. Collection L'Aventure de la connaissance. Hybride PC ou Mac. Distribution Quebecor Multimedia : (514) 284-2822, 99,99 \$

À l'ouverture, on se retrouve avec plaisir dans la tour de contrôle d'un aéroport. Tout y est : avions dans le ciel et sur la piste d'atterrissage, rangées de livres, radar, etc. Si on déplace la souris sur l'image-écran, des bulles de texte apparaissent et indiquent les différents chapitres du CD-ROM : Cinéma, Bibliothèque et Encyclopédie, Chaîne de montage, Musée, Avions de papier et Devinettes.

À gauche de l'écran cinéma, trois boutons permet-

tent de choisir entre « gags », « documentaires » et « archives ». Les films « gags » rappellent ces merveilleux fous volants dans leurs drôles de machines, mais truffés d'onomatopées et de commentaires particulièrement débiles. Ainsi, j'ai peu apprécié le fou rire du narrateur accompagnant certaines catastrophes aériennes.

Par contre, on a fait un sérieux effort en ce qui concerne les documentaires et les archives. On y voit les frères Wright essayant leur premier avion, l'arrivée triomphale de Lindbergh à Paris, le vol du B-2 et du B-17, l'écrasement du prototype du F-14. On vit avec émotion et en direct un tir de missiles, un atterrissage difficile sur un porte-avions, un ravitaillement en vol, etc. On quitte toutefois le chapitre Cinéma accompagné d'un sonore et désagréable « retour à la base ».



Le chapitre Bibliothèque et Encyclopédie se concentre sur la technologie des avions militaires, civils et commerciaux. Il est truffé d'informations sur l'histoire de l'aviation et traite des aviateurs célèbres, des événements importants, des technologies de pointe, de l'aviation russe et même des avions furtifs. Mais c'est la Chaîne de montage qui fascina les fanatiques de l'aviation.

Ce chapitre permet en effet de disséquer une dizaine d'avions (navette spatiale, Boeing 707, bombe volante V-1, etc.). En cliquant sur l'aile d'un Mig 25, par exemple, on obtient aussitôt une vue agrandie. On peut ainsi cliquer plusieurs fois sur une même zone et même supprimer la carlingue pour obtenir une radiographie de l'intérieur. En même temps, une fenêtre de texte, lue automatiquement, décrit la partie de l'avion. On apprend ainsi comment agissent les gouvernails, comment fonctionnent les réacteurs et on découvre les secrets des avions et des hélicoptères les plus célèbres.

Un CD-ROM intéressant bien que la navigation soit parfois pénible et les commentaires, souvent hachés. J'ai résisté plus d'une fois à la tentation de m'éjecter avec ou sans parachute.

Claude Marcil

Des bélugas en sacrifice ?

Pierre Béland, directeur scientifique à l'Institut national d'écotoxicologie du Saint-Laurent, signe son premier livre, *Les bélugas, l'adieu aux baleines, dans lequel il relate l'histoire des baleines blanches du Saint-Laurent, celle du fleuve et celle des hommes qui ont habité ses rives.*

Québec Science : Votre livre contient des histoires étonnantes...

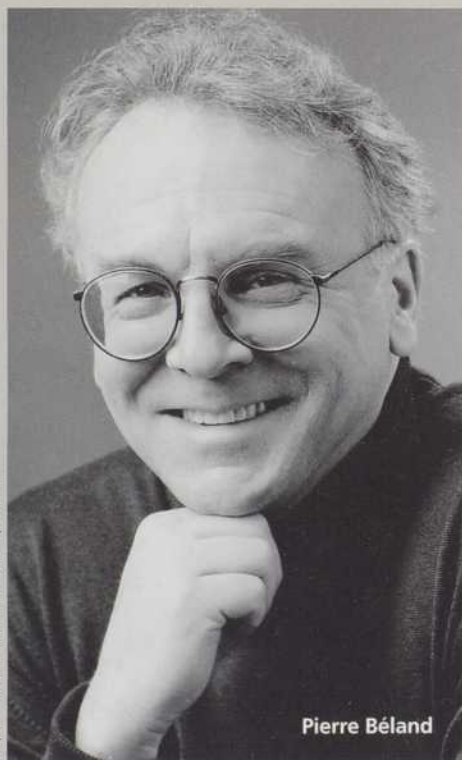
Pierre Béland : Oui, mais tous ces récits sont authentiques. La pêche à la fascine à Rivière-Ouelle où Joseph Lizotte captura des centaines de bélugas mais perdit sa fille Marie-Simone, les attaques aériennes de Louis Cuisinier pour chasser les bélugas des côtes, les recherches militaires sur les bélugas, les pérégrinations de Briz, un béluga perdu dans la mer Noire, tout cela est vrai.

Q.S. : Pourquoi dites-vous adieu aux bélugas ?

P.B. : Après 14 ans de travail, l'heure est venue d'exorciser mes souvenirs : peut-être les bélugas sont-ils condamnés dans ce monde que nous, les humains, sommes en train d'édifier. Pas seulement les bélugas du Saint-Laurent, mais toutes les baleines.

Q.S. : La population de bélugas dans le fleuve s'est pourtant stabilisée...

P.B. : Oui, autour de 500 individus. C'est assez pour assurer la survie de l'espèce, mais, en 15 ans, le nombre de bélugas n'a pas non plus augmenté. On est donc sur la corde raide : le moindre incident — un pétrolier qui échoue, par exemple — peut tout compromettre. Ce qui est positif, c'est que le



Pierre Béland

Stéphane Poulin / Éditions Libre Expression

fleuve est moins contaminé, le poisson aussi. L'intérêt des gens pour les questions environnementales est aussi plus grand qu'en 1982.

Par contre, on n'a rien appris en 15 ans. Chaque auto pollue moins, mais il y en a beaucoup plus sur la planète. De plus, avec le développement de nouvelles régions, l'atmosphère est encore plus contaminée. Enfin, si le DDT est interdit chez nous depuis 1972, les États-Unis en exportent plus aujourd'hui en Chine ou en Inde qu'on en utilisait alors !

Q.S. : Il y a une grande nostalgie dans votre livre...

P.B. : L'histoire du béluga condense ce qui s'est fait dans le fleuve et dans ses alentours. Le béluga est au sommet de la chaîne alimentaire, comme nous. Confusément, nous savons que ce qu'il vit, nous le vivons aussi. À une moindre

échelle, cependant. Heureusement, car il y a 20 ans on prédisait que la mer nourrirait la planète... Sauf que si nous nous étions nourris comme le béluga, nous serions contaminés nous aussi ! Aujourd'hui, par exemple, on conseille aux femmes inuites de ne pas allaiter parce que la graisse de béluga dont elles se nourrissent est trop contaminée pour les nourrissons...

En fait, l'homme n'a probablement pas besoin de toutes

les espèces pour vivre. On peut s'imaginer sur une planète artificielle, avec de l'asphalte mur à mur et des animaux parqués dans de grands biodômes. Dans une culture qui mise tout sur les lois de l'économie, ça aurait du sens. Mais est-ce vraiment ce monde-là dans lequel nous voulons vivre ? Moi pas, et c'est le sens de mon combat pour sauver les bélugas.

Q.S. : Est-ce qu'il est trop tard ?

P.B. : Je ne sais pas. La surexploitation des ressources a atteint des sommets : on va maintenant au large pour pêcher le poisson qui manque et on trouve même des produits toxiques dans le ventre des albatros qui pêchent au milieu du Pacifique !

Si la surface de l'eau change, c'est toute la colonie marine qui va être affectée. Ces phé-

nomènes se préparent pendant des dizaines d'années et, tout à coup, ils se manifestent. Il est peut-être trop tard, mais en même temps j'ai toujours refusé de croire ceux qui prêchent l'inéluctable. Si on perd les bélugas du fleuve, d'accord, pourvu que leur sort ait servi à quelque chose et qu'on sauve le système marin.

Q.S. : Que peut-on faire pour éviter d'en arriver là ?

P.B. : Il n'y a pas d'autre moyen que de contrôler notre croissance démographique — aujourd'hui, il faut moins de 12 ans pour ajouter un milliard d'êtres humains et le sort de la planète est surtout entre les mains des plus pauvres. Il faut aussi changer nos façons de produire et de développer. Si on ne le fait pas nous-mêmes, la nature se chargera de le faire pour nous à coups de catastrophes.

Dans le petit conte que j'ai écrit, les animaux sont unanimes pour désigner l'espèce qu'il faut éliminer pour permettre la survie des autres : c'est l'homme.

Q.S. : Avons-nous appris à mieux respecter les espèces en danger ?

P.B. : En 1930, on accusait les bélugas de décimer les bancs de morues ; aujourd'hui, on s'en prend aux phoques. On n'a guère avancé depuis que Joseph Lizotte massacrait les bélugas durant l'avant-guerre. Et pendant que l'Occident parle de développement durable, l'Asie du Sud-Est décime ses forêts...

L'homme est vraiment un drôle d'animal.

*Propos recueillis par
Laurent Fontaine*

INFOGRAPHIE 3D
MULTIMEDIA
MONTAGE VIDEO NUMERIQUE

La formation à 3 dimensions

3510, boul. Saint-Laurent
Bureau 202
Montréal (Québec)
Tél. : (514) 288-3447
Télec. : (514) 288-5799

Centre National d'Animation et de Design



National Animation and Design Centre