

Québec

Modifier les animaux ? De quel droit ?

Volume 37, numéro 3
Novembre 1998, 3,95 \$



Science

La Lune

Une naissance en catastrophe



Le XX^e siècle
vu du XIX^e



COLLECTIONS SCIENTIFIQUES

En voie de
disparition





Radio-Canada
Télévision
présente

9^e TÉLÉ SCIENCE



Du 12 au 22 novembre 1998
Québec - Montréal



Gouvernement du Québec
Ministère de la Culture
et des Communications



Développement
économique Canada

Canada

Québec



Pratt & Whitney Canada
Une société de United Technologies

TV5



MUSÉE DE LA
CIVILISATION



Industrie
Canada



VILLE DE
québec



Ville de Montréal

Science
pour Tous!

LIBERTÉ
yogourt

La Presse



Depuis 10 ans, vous prenez tout votre temps!

Depuis maintenant 10 ans, vous vous fiez à MétéoMédia pour tout savoir sur la météo.

Grâce à sa technologie de pointe et à ses météorologues exclusifs, MétéoMédia vous en donne toujours plus côté température. Quand il s'agit d'aller jouer dehors ou simplement de sortir prendre l'air, prenez tout votre temps sur MétéoMédia...

Parce que le temps change.



Câble 17. Vidéotron Hull et Ouest de Montréal: câble 39
www.MeteoMedia.com

Billard cosmique

Sans elle, rien ne serait pareil. C'est à elle que l'on doit les éclipses. C'est elle qui imprime le mouvements des marées. C'est elle qui veille à ce que la Terre tourne correctement sur son axe. C'est elle qui, par le fait même, a favorisé l'apparition de la vie. Tout cela parce que notre Lune a juste la bonne masse et se tient à une bonne distance de la Terre. Mais que fait-elle là ? D'où vient-elle ?

Il a fallu une demi-tonne de cailloux et des logiciels informatiques sophistiqués pour y voir un peu plus clair. Le butin de roches rapporté par les missions *Apollo* dans les années 70 s'est révélé décevant au départ : pas d'or, ni de diamant. La



Lune ne cachait pas d'Eldorado. Malgré leur pauvreté en métaux, ces échantillons ont révélé en partie l'identité géologique de notre satellite et trahi son âge réel.

Puis, les modèles informatiques des astrophysiciens ont pu reconstituer la genèse de la Lune. Résultat : un scénario cataclysmique comme Hollywood n'a jamais osé en imaginer, souligne notre collaborateur Vincent Sicotte. La

Terre encore toute neuve serait entrée en collision avec un astéroïde de la taille de Mars. Le choc a été, on n'en doute pas, d'une violence inouïe. Des milliers de débris se sont répandus autour de la Terre, créant momentanément un anneau. Et, aussi incroyable que cela puisse paraître, ce sont ces éclats qui se seraient agglomérés pour former la Lune.

Cet événement aura donc marqué un point tournant dans l'évolution. Comme plusieurs autres catastrophes d'ailleurs. Ainsi, tout comme notre Lune a favorisé l'émergence de la vie sur Terre, la disparition des dinosaures a permis aux petits mammifères, puis à l'homme, de prendre la place. Est-il possible que les catastrophes cosmiques soient des conditions nécessaires à l'évolution ? Et que les étapes qui marquent les grands moments de l'évolution soient, par leur nature, indéterminées ?

À moins que cet accident lunaire n'ait été, par son ampleur, un cas isolé ? Alors, compte tenu de son caractère exceptionnel, il faudrait vite consacrer la Lune réserve écologique.

200 000 lecteurs

On savait que *Québec Science* était très lu. On savait que chaque exemplaire pouvait passer entre les mains de plusieurs lecteurs férus de science. Mais il était bien difficile de savoir combien. Une enquête Statmédia a divulgué récemment les derniers chiffres à ce propos. Ils révèlent que vous êtes près de 200 000 à nous lire, 198 000 plus précisément. Mais pourquoi toujours emprunter l'exemplaire du voisin ou de votre collègue de travail ? vous demandera notre responsable des abonnements. Chose certaine, ces résultats démontrent que *Québec Science* répond véritablement à un besoin de société.

Raymond Lemieux

Actualités



7 Il pleuvra des étoiles

De 100 à 1 000 étoiles filantes à l'heure ! Cette année, les Léonides promettent un grand, un très grand spectacle astronomique.

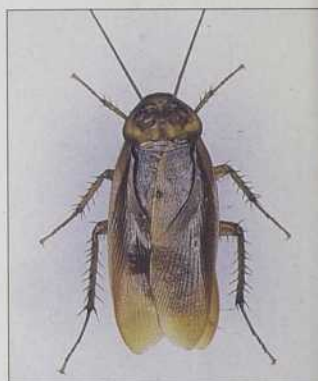
par Vincent Sicotte



10 La Bourse, un hasard sauvage

Les aléas et les sursauts de la bourse : rien de plus normal, dit Benoît Mandelbrot, le père des mathématiques fractales.

par Sylvestre Huet



12 Blattes : une vie cachée

Elles ont des millions d'années de vécu. Et elles voudraient les partager avec nous.

par Marie-Pier Elie

16 Deux temps trois mouvements

Chroniques



40 Dimension cachée Délices acides

par Raynald Pepin

42 Des chiffres et des jeux

par Jean-Marie Labrie

43 Chronique Internet Guichet unique

par Philippe Chartier

44 Livre Le monde sera bio

par Karina Laberge

46 Entrevue avec Maxime Schwartz Épidémies : l'éternelle menace

par Emmanuelle Bergeron



23 Modifier les animaux ? De quel droit ?

Il y a eu Dolly, il y a maintenant Willow, sans compter toute la galerie de souris transgéniques et de chimères. Mais jusqu'où les scientifiques peuvent-ils se permettre d'aller en jouant avec la vie ? Le thème du 3^e débat public Radio-Canada / Québec Science.

par Catherine Dubé



28 Bioterrorisme : sommes-nous prêts ?

Les terroristes se sont trouvé de sinistres alliés : les microbes. Une association redoutable contre laquelle les autorités doivent maintenant se préparer. À Montréal comme dans toutes les grandes villes.

par Marc Thibodeau



32 Nos collections scientifiques en voie de disparition

Le résultat de milliers d'heures de travail de scientifiques minuscules pourrait prendre le chemin du dépôt. Qui se voudrait preneur de leur collection d'insectes, d'ossements de poissons, de végétaux ? Un patrimoine scientifique en danger.

par Michel Carignan

Astronomie



18 Le premier jour de la Lune

Il y a plus de quatre milliards d'années, la Terre a gagné une lune. Les astronomes ont récemment reconstitué la fabuleuse histoire de sa naissance. Une naissance aussi prompt que violente.

par Vincent Sicotte

35 L'Univers est à nous

Un nouveau siècle arrivait. Un siècle à la gloire de la science. Deux connaisseurs de la littérature d'anticipation nous rappellent l'état d'esprit qui régnait le 31 décembre 1899.

par Jean Pettigrew et Norman Molhan



Ritalin : un sujet sensible

L'article d'Anne-Marie Simard sur l'usage du Ritalin (septembre 1998) a suscité des réactions qui illustrent bien le caractère polémique de cette question.

Le psychologue clinicien Denis Gagné, du CLSC La Pommeraie, à Farnham, a apprécié que l'article évite de sombrer dans le sensationnalisme en montrant différents points de vue sur le sujet et en soulignant l'importance d'une bonne évaluation et du suivi médical pour le traitement au Ritalin. « *Travaillant avec des enfants et leur famille, je suis à même de constater comment les préjugés sur le Ritalin et sur l'hyperactivité sont dommageables et accroissent la souffrance de ces familles. Il est important de donner une information juste qui permette aux parents et aux enfants de faire le meilleur choix pour leur*



santé physique et mentale. »

Pour approfondir la question, il nous suggère de consulter les travaux des psychologues américains Russel Barkley et Thomas Brown ainsi que du psychiatre américain Paul Wender qui ont réalisé de nombreux travaux sur le déficit d'attention et l'hyperactivité. Il nous indique également qu'il existe des groupes d'entraide pour les parents, comme les associations Panda et AQUETA (450/686-8230).

Daniel Létourneau, avocat, n'a pas lu l'article du même œil. Ayant lui-même un enfant qui souffre d'un trouble de l'attention (TDA) traité efficacement avec le Ritalin, il déplore le ton alarmiste de l'article et le recours à des exemples illustrant des cas exceptionnels et marginaux. Selon lui, l'article met l'accent sur les effets secondaires du médicament au détriment de ses effets bénéfiques, laissant ainsi entendre que le médicament est dangereux. « *Je crois qu'au lieu de chercher à faire peur aux gens il faut plutôt songer à tous ces enfants atteints d'un TDA qui souffrent et souffriront toute leur vie parce que leurs pa-*

rents auront eu peur d'entreprendre les démarches nécessaires pour que leur enfant puisse mieux faire face à son handicap. »

Qui se cache derrière la caméra ?

Dans l'article « Une affaire mal classée » paru dans le numéro de juillet-août 1998, nous avons malheureusement oublié d'indiquer le crédit de la photo de la page 48 montrant deux des étudiants qui ont procédé à l'analyse du sable de la baie de Beauport. La photo a été prise par Mélanie Robitaille, qui a elle aussi participé à l'étude, de même que cinq autres étudiants en biochimie et en microbiologie de l'Université Laval.

Des commentaires ?

Vous pouvez nous faire parvenir vos commentaires et suggestions à l'adresse suivante.

Québec Science

3430, rue Saint-Denis, bureau 300
Montréal (Québec) H2X 3L3
Téléc. : (514) 843-4897

Adresse électronique

courrier@QuebecScience.qc.ca

Nous acceptons de temps à autre de communiquer notre liste d'abonnés à des organismes et des entreprises quand nous croyons que leurs produits ou services peuvent intéresser nos abonnés. Cependant, les demandes qui nous sont adressées sont acceptées avec parcimonie à la lumière de la bonne réputation des requérants et de l'intérêt des produits et services qu'ils offrent. La plupart de nos abonnés apprécient ce service. Si vous ne souhaitez pas que votre nom figure sur cette liste, faites-le nous savoir par écrit en nous indiquant votre nom, votre adresse ainsi que votre numéro d'abonné.

Québec Science



Publié par
La Revue Québec Science
3430, rue Saint-Denis, bureau 300
Montréal (Québec) H2X 3L3
courrier@QuebecScience.qc.ca
www.cybersciences.com

DIRECTION

Directeur général : Michel Gauquelin
Directeur de l'administration : Marc Côté
Adjointe administrative : Nicole Lévesque

RÉDACTION

Rédacteur en chef : Raymond Lemieux
Adjoints à la rédaction : Natalie Boulanger, Normand Grondin

Comité de rédaction : Patrick Beaudin, Jean-Marc Carpentier, André Delisle, Jean-Marc Fleury, Michel Groulx, Jean-Claude Guédon, Rosemonde Mandeville, Isabelle Montpetit, Anne-Marie Simard, Pierre Sormany, René Vézina

Ont collaboré à ce numéro : Agence Science-Presse, Emmanuelle Bergeron, Michel Carignan, Philippe Chartier, Catherine Dubé, Marie-Pier Elie, Sylvester Huet, Karina Laberge, Jean-Marie Labrie, Norman Molant, Raynald Pepin, Jean Pettigrew, Vincent Sicotte, Marc Thibodeau

Photos/illustrations : Marc Cuadrado, Laurent Leblanc, Alain Massicotte, Pierre-Paul Pariseau, Rémy Simard
Correction : Anne-Marie Cloutier

PRODUCTION

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

COMMERCIALISATION

Promotion : Hélène Côté
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
Service des abonnements
525, rue Louis-Pasteur, Boucherville (Québec) J4B 8E7

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 manuscrits soumis à Québec Science ne sont pas retournés. 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

Tél. : (514) 875-4444 Téléc. : (514) 523-4444

PUBLICITÉ

Carole Martin
Tél. : (514) 843-6888 Téléc. : (514) 843-4897

RÉDACTION

Tél. : (514) 843-6888 Téléc. : (514) 843-4897

Dépôt légal : Bibliothèque nationale du Québec
Quatrième trimestre 1998, ISSN-0021-6127
Répertorié dans Repère et dans l'Index des périodiques canadiens.
© Copyright 1998 - 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 la Culture et des Communications (Programme Revues de vulgarisation scientifique et technique) et du gouvernement du Canada (Programme Sciences et Culture Canada)

Gouvernement du Québec
Ministère de la Culture et des Communications

Industrie Canada Industry Canada

Membre de : The Audit Bureau CIPA

Le contenu de ce magazine est produit sur serveur vocal par l'Audiothèque pour les personnes handicapées de l'imprimé. Téléphone : Québec (418) 627-8882, Montréal (514) 393-0103

Actualités

Il pleuvra des étoiles

Dans la nuit du 17 novembre, de 100 à 1 000 étoiles filantes à l'heure pourraient illuminer le ciel. Tout un spectacle pour les amateurs d'astronomie, mais toute une menace pour les opérateurs de satellites.

par Vincent Sicotte

Sans comparaison avec les Perséides, cette pluie d'étoiles filantes qui se produit à la mi-août, les Léonides attirent généralement peu de spectateurs dans la nuit glaciale du 17 novembre. Mais le récent passage de la comète Temple-Tuttle, responsable de cette pluie, nous donnerait droit cette année à un véritable déluge !



En février dernier, après un voyage de 33 ans qui l'a menée au-delà d'Uranus, la comète Tempel-Tuttle (découverte vers 1865 par Ernst Tempel, à Marseille, et Horace Tuttle, à Harvard) est repassée près du Soleil, alimentant le long ruban de poussières qu'elle laisse sur son orbite (voir l'encadré à la page 8). Habituellement,



Si les Léonides enthousiasment les astronomes, elles soulèvent l'appréhension chez les opérateurs de satellites. Cette averse, la première de l'ère spatiale moderne, représente une menace réelle.

lorsque la Terre traverse ce nuage, le 17 novembre de chaque année, une douzaine d'étoiles filantes à l'heure passent dans le ciel. Mais, cette année, ce taux pourrait bondir jusqu'à un facteur de 100, voire de 1 000 !

Depuis 1799, lors des six derniers passages de Tempel-Tuttle, quatre pluies absolument exceptionnelles ont été observées, indique André Grandchamps, astronome au Planétarium de Montréal. « Les Léonides de 1966, notam-

ment, atteignaient 100 000 météores à l'heure ! » À l'Observatoire de Kitt Peak, en Arizona, on a mesuré, durant cette brève averse d'une heure, un pic de 2 400 météores par minute, soit 40 par seconde ! Pas étonnant que plusieurs considèrent la cuvée 1966 des Léonides comme la plus importante pluie d'étoiles filantes de l'histoire moderne.

Cela pourrait se reproduire cette année... l'an prochain ou dans deux ans. En effet, comme les interactions entre

les comètes et le vent solaire sont mal connues, de même que la trajectoire exacte de la comète, il est difficile de prédire si la Terre traversera la région la plus dense du nuage, et si cette rencontre aura lieu en 1998, en 1999 ou en l'an 2000. En 1993, lors du retour de la comète Swift-Tuttle, responsable des Perséides, on avait prédit le spectacle du siècle. « C'était vraiment la cohue au Planétarium ! se souvient l'astronome. Or, il ne s'est presque rien passé. »

Poussières de comète

Une étoile filante, c'est une particule qui se consume en pénétrant dans les couches denses de l'atmosphère terrestre, à environ 100 km d'altitude, striant le ciel nocturne d'une traînée lumineuse. La taille de cette particule, appelée *météorite*, se situe entre le grain de sable et le petit caillou. « On estime que la Terre rencontre au moins 20 millions de météorites par année, de jour comme de nuit », indique André Grandchamps, astronome au Planétarium de Montréal. Par une nuit claire, sans Lune, il est courant d'apercevoir une dizaine d'étoiles filantes à l'heure.

Régulièrement, ce nombre grimpe de façon importante : on assiste alors à une pluie d'étoiles filantes, d'autant plus impressionnante qu'elle semble émaner d'un point précis du ciel, appelé *point radiant*. « Il y a, réparties dans l'année, une douzaine de pluies majeures comme les Perséides et au moins une autre douzaine de pluies moins importantes », fait remarquer l'astronome.

Ces pluies résultent de la rencontre entre la Terre et une traînée dense de débris en orbite autour du Soleil, provenant de la désagrégation des comètes lors de leur passage près du Soleil. Le vent solaire sublime alors la glace de la comète, libérant des poussières rocheuses qui, avec le temps, se répartissent le long de l'orbite de la comète, que la Terre croise une fois par an. Chaque fois que la comète repasse près du Soleil, de nouveaux débris sont éjectés. « L'essaim météoritique est rafraîchi », dit André Grandchamps. Et lorsque la Terre traverse le nuage cette année-là, c'est tout un spectacle !

Le noyau de la célèbre comète Halley. À sa suite, une traînée de débris. Ce sont de telles poussières de comète qui, lorsqu'elles tombent sur Terre, constituent des étoiles filantes.

Si les Léonides enthousiasment les astronomes, elles soulèvent l'appréhension chez les opérateurs de satellites. Cette averse, la première de l'ère spatiale moderne, représente une menace réelle pour les quelque 500 satellites actifs actuellement en orbite. En effet, un grain de sable voyageant à 71 km/s (la vitesse des Léonides) a la même énergie qu'une balle de fusil de calibre 22.



Dans un rapport sur cette question présenté au Congrès américain, William Ailor, directeur du Center for Orbital and Reentry Debris Studies, prévoit que la prochaine pluie de Léonides passera « au jet de sable » la quasi-totalité des satellites en orbite, mais que les probabilités de trous ou de dommages physiques sont peu élevées. En revanche, l'impact de petites particules peut créer un échauffement très intense de la matière, un plasma, dont la charge électrique pourrait causer des courts-circuits ou des défaillances des composantes électroniques.

Les conséquences pourraient être désastreuses. En mai dernier, la panne inopinée d'un seul satellite de télécommunications américain, le *Galaxy IV*, a mis hors service 90 % des 45 millions de téléavertisseurs utilisés dans ce pays. Par mesure de prudence, les navettes américaines se-

ront clouées au sol durant les Léonides, et le télescope spatial *Hubble* sera dirigé de façon à protéger son miroir. Dans la mesure du possible, les satellites seront orientés pour minimiser la surface qu'ils présentent à la pluie. Mais la part d'inconnu de ce phénomène historique demeure très grande.

Les Léonides apparaîtront dans la nuit du 17 novembre, et elles sembleront provenir de la constellation du Lion, qui a la

forme d'une faucille ou d'un point d'interrogation inversé. Malheureusement (pour nous), c'est l'Inde qui sera la mieux placée pour le spectacle. Sous nos latitudes, le Lion se lèvera à l'est, à 00 h 30, et la période la plus propice durera quelques heures. Même si on prévoit que les Léonides atteindront un maximum vers 22 h HNE, il vaut la peine de rester dehors cette nuit-là. « Il suffit qu'on se trompe de deux heures dans le calcul du maximum pour qu'elles nous tombent dessus ! dit André Grandchamps. Et comme ce sera la Nouvelle Lune, toutes les conditions d'un phénomène spectaculaire sont réunies. Il faut saisir l'occasion ! » Et faire un vœu... ●

Pour en savoir plus

www.space.arc.nasa.gov/~leonid/

La NASA prévoit d'étudier de près cette pluie historique.

Jeudi.
19h30

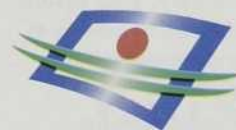
Reprise : mercredi 23h



Animateur : Danny Lemay



Production ICOTOP inc.



Télé-Québec

Venez voir ailleurs !

La Bourse, un hasard sauvage

Soyez sur vos gardes ! La Bourse est un jeu beaucoup plus risqué qu'on ne le dit, explique le mathématicien Benoît Mandelbrot. Une application concrète de sa théorie des fractales, ces chiffres qui permettent de décrire le chaos.

Benoît Mandelbrot, le père des mathématiques fractales, l'avait écrit en 1966 : au jeu de la Bourse et du hasard, on perd beaucoup plus souvent que ne l'avouent les courtiers. Au moment où les Bourses chutent sans vergogne, cette affirmation prend une allure de prédiction. Elle ne repose pourtant sur aucun raisonnement économique. Uniquement sur la similitude formelle entre les courbes dessinées par un ordinateur suivant les ordres d'un programme simplet et les cours réels de la Bourse. Une similitude d'autant plus étrange que les fractales utilisées par Benoît Mandelbrot — ces chiffres qui traitent les dimensions géométriques intermédiaires entre les dimensions entières (les 0, 1, 2 et 3, respectivement pour le point, la ligne, la surface et le volume) — servent surtout à décrire le hasard et le chaos. Dans *Fractales, hasard et finance*¹, le mathématicien réédite et développe des articles qui préoyaient — il y a plus de 30 ans — ce type de déconvenue.

Dans votre livre, vous distinguez les hasards « bénins et sauvages ». Que signifient-ils ?

Benoît Mandelbrot : En science, le hasard n'est pas le « sort » personnifié, mais uniquement une mesure de notre ignorance. Dans certains domaines comme la physique classique, cette ignorance est



Evan Agostini/Gamma/Ponopresse

contrôlable par les mathématiques. C'est un hasard que j'ai baptisé bénin. Si on attend suffisamment longtemps, on découvre l'ordre caché. Par exemple, si vous jouez à pile ou face de nombreuses fois, vous aurez une statistique très simple de 50-50. Si vous écoutez une radio sans viser un émetteur, vous entendez un bruit de fond. Il provient du hasard, mais on peut totalement l'éliminer, car il bouge sans arrêt autour d'une intensité bien fixe.

Mais il y a un autre hasard, le sauvage. Il est très vilain, car il ne permet pas de raisonner en termes de moyennes. Si vous prenez 10 villes de France au hasard et si vous ratez Paris, Lyon et Marseille, vous

allez faire chuter la taille moyenne dans votre échantillon. Si vous prenez 10 villes, dont Paris et 9 villages, la moyenne n'autorise aucune conclusion sur les populations de villes tirées au hasard.

Un autre exemple spectaculaire, c'est la distribution des galaxies dans l'Univers. Il n'y a pas si longtemps, les astronomes portaient de l'idée que l'Univers à très grande échelle présentait une distribution uniforme des galaxies. Donc, que la notion de densité moyenne de matière avait un sens. Or, plus on voit loin et plus on distingue d'énormes vides, qui démolissent cette idée. En fait, la distribution des galaxies semble être un

exemple merveilleux de hasard sauvage. Les techniques habituelles ne permettent de tirer aucune conclusion sûre. Il faut donc changer de méthode mathématique.

C'est là que vous proposez d'utiliser les mathématiques fractales. Que sont-elles ?

B.M. : Une fractale est un objet géométrique que l'on peut couper en petits bouts et dont chaque bout présente la même structure que le tout. Le chou-fleur est une très jolie fractale naturelle. Chaque morceau que vous détachez présente la même structure que le tout, et ainsi de suite. L'homme aime bien cette vision hiérarchique, l'emboîtement des structures. Le point central de ma décou-

verte, c'est qu'il ne s'agit pas seulement d'une astuce mathématique, mais que c'est une propriété fondamentale de très nombreux objets naturels. Quand on combine hasard sauvage et fractalité, on a, d'un côté, une mauvaise nouvelle : difficulté accrue de la compréhension et de la prévision. Et, de l'autre, une bonne nouvelle : si l'objet, ou la dynamique, peut être décrit à l'aide d'un

nombre fractal, on se retrouve avec un objet mathématique relativement simple, puisqu'il est fondé sur une invariance, le concept de base de la science. Dans une fractale, il s'agit d'invariance d'échelle : les propriétés sont les mêmes, quelle que soit l'échelle à laquelle on regarde l'objet.

Avec cela, vous pouvez aider les financiers à gérer le « hasard sauvage » de la Bourse ?

B.M. : Prévoir le cours de la Bourse avec les mathématiques n'est pas un espoir sérieux. Si une telle formule existait, son objet disparaîtrait d'ailleurs automatiquement, car tous les acteurs boursiers auraient la même information sur l'évolution des actions, ce qui changerait leurs décisions. Les changements de prix sont, pour presque tout le monde, imprévisibles. Mais, si on pouvait un peu mieux évaluer les risques de façon statistique, on pourrait les amortir. Or, les fractales permettent d'étudier simplement les cours, le comportement d'une Bourse, en indiquant son degré de variabilité par un seul chiffre. Ce chiffre, qui représente la dimension fractale des courbes de prix des actions, peut aider

à mieux apprécier le risque de chute brutale.

Mon travail ne promet pas de bénéfices pour un particulier, mais il peut aider à mieux chiffrer les réserves obligatoires des banques, à assurer les investissements des fonds de pension ou à réguler un peu le marché, à le protéger de soubresauts et de faillites retentissantes. On veut, en somme, avec un portefeuille, moyenner les risques pour avoir le moins de fluctuations possibles. Mais, pour faire cela, il faut estimer les risques de manière correcte. Or, l'expérience le prouve, les risques sont beaucoup plus grands que ne le disaient les théories économiques. Regardez le nombre de faillites totales de grands portefeuilles, tenus pourtant par des experts.

Pouvez-vous prévoir les bulles boursières, ces hausses des cours qui semblent déconnectées de l'économie réelle, comme celles qui viennent d'imploser ?

B.M. : En 1966, j'ai décrit dans un article une Bourse très rationnelle et pourtant telle que les prix paraissent monter sans arrêt, toujours rationnellement, puisqu'à chaque mo-

ment la persistance de la montée est plus probable que son interruption. Mais, corrélativement, la valeur de la chute possible monte elle aussi. Et, plus on attend, plus la chute est rude. Donc le risque augmente constamment. Tout cela était contenu dans les formules mathématiques produisant ces courbes fractales qui ressemblaient tant aux cours réels.

Lors du Krach du 19 octobre 1987, des financiers m'ont dit : « C'est exactement le comportement que tu avais décrit en 1966. » Anticiper la présence de grosses bulles, montrer qu'elles peuvent être parfaitement rationnelles est un triomphe de la théorie. D'autant plus finalement que l'on peut, avec les mathématiques fractales, les décrire et prévoir pour elles un risque plus élevé que ne le pensaient les théoriciens de la finance... sans pour autant expliquer les raisons économiques de ce que j'observe, ce qui n'est pas de mon ressort. ●

*Propos recueillis par
Sylvestre Huet*

© Libération 1998

¹ *Fractales, hasard et finance*, par Benoît Mandelbrot. Champs Flammarion, 1998, 246 p.

ORDINATEUR **PROSYS** XPRO 450

Mettant en vedette le nouveau
processeur Intel Pentium II
450 MHz!

► LOGIX INNOVATION
École Polytechnique
Tél.: 514 340-3990



Intel, Intel Inside logo and Pentium are registered trademarks of Intel Corporation. Photo non-contractuelle.

**Avec plus de 10 années d'expérience,
nous avons appris une chose importante...**

**...construire un PC exactement
comme vous le voulez.**

Plusieurs options de
moniteurs incluant
les 15" et 17" PROSYS



Blattes : une vie cachée

Elle fait le malheur de nombreux locataires... et le bonheur des exterminateurs. Pourtant, la blatte ne mérite pas un sort aussi sévère. Anatomie d'un insecte remarquable.

par Marie-Pier Elie

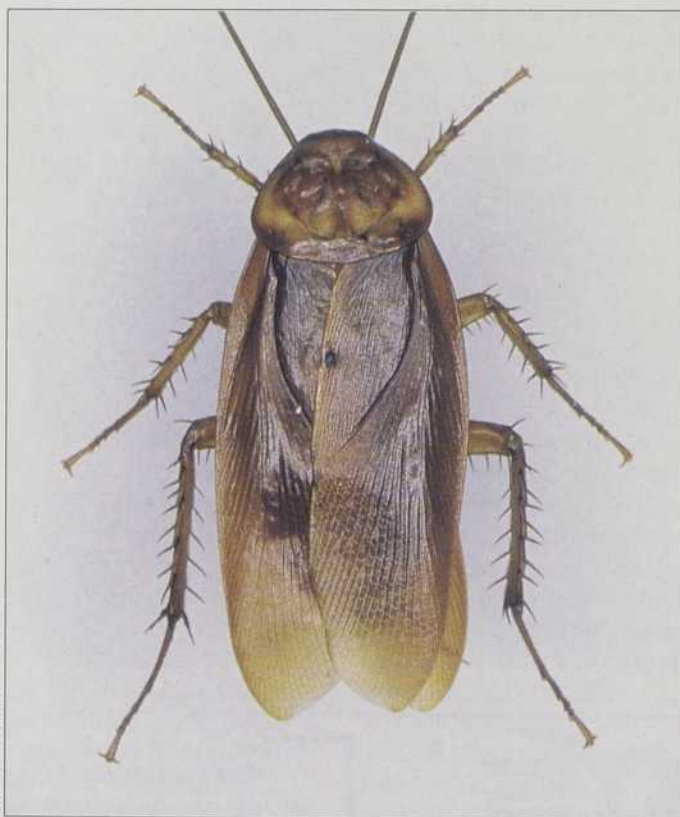
Paf ! À peine le temps de prononcer quelques insanités en essayant d'éliminer l'indésirable que celui-ci est déjà bien à l'abri, parfois dans une fissure de l'épaisseur d'un 25 cents. La blatte, familièrement appelée coquerelle, cafard ou cancrelat, a des réflexes aussi rapides que surgit, en la voyant, notre grimace de dégoût. Pourtant, du point de vue biologique, cet insecte a toutes les raisons de susciter l'admiration.

Tout comme la mante religieuse, la blatte fait partie de l'ordre des dictyoptères. Il existe de quatre à cinq mille espèces de blattes et probablement autant qui ne sont pas encore découvertes. Toutefois, nos si chaleureuses habitations n'hébergent que quatre d'entre elles : *Blatella germanica*, *Periplaneta americana*, *Blatta orientalis* et *Supella longipalpa*, la dernière à avoir immigré sous nos latitudes, il y a à peine un siècle. *Blatella germanica* est la plus répandue; elle cause jusqu'à 90 % des infestations. Mais elle n'a rien de germanique. Comme la plupart de ses congénères, elle vient d'Afrique de l'Ouest. D'ailleurs, les Allemands eux-mêmes la surnomment, probablement par dépit, blatte hollandaise...

Descendante directe des aptérygotes, une sous-classe d'insectes primitifs dépourvus d'ailles, la blatte a fait son apparition à l'époque silurienne, il y a 400 millions d'années, pour connaître son heure de gloire à l'âge carbonifère. Âge de chaleur torride, d'humidité étouffante... parfait pour son développement. Certaines espèces

Ce texte a valu à son auteure le prix spécial du jury du concours Fernand-Seguin, qui couronne chaque année de nouveaux talents en vulgarisation scientifique.

Photos : Insectarium de Montréal



Blatte américaine, une des 5 000 espèces que l'on connaît. On peut observer plusieurs des différentes blattes qui peuplent le monde à l'Insectarium de Montréal.

auraient même mesuré jusqu'à 60 centimètres, fossiles à l'appui. « Le problème aujourd'hui, c'est que l'homme a créé des conditions en tous points semblables à celles de cette époque, et les blattes ont exploité cette nouvelle niche écologique », affirme André Payette, entomologiste à l'Insectarium

de Montréal. Autrement dit, nos immeubles surchauffés, nos doubles plafonds, nos sous-sols isolés et nos systèmes de tuyauterie complexes font le bonheur de ces envahisseurs.

Les blattes ont d'ailleurs conquis la Terre : il y en a partout sur notre planète, même au pôle Nord et au pôle Sud. Mais attention ! On ne trouve jamais deux espèces au même endroit, chacune occupant une niche écologique bien précise. *Blatella germanica* ne jure pratiquement que par les cuisines et les salles de bain, sa légèreté lui

conférant un penchant naturel pour les étages élevés. *Periplaneta americana* préfère de loin l'humidité des sous-sols; de toutes façons, elle est trop lourde pour escalader les murs. *Blatta orientalis* raffole des tuyauteries et des égouts tandis que *Supella longipalpa*, la dernière arrivée et la mieux adaptée (elle est la seule à pouvoir marcher sur les plafonds), occupe les endroits laissés libres par ses congénères : on la retrouve à peu près partout.

La blatte présente quelques similitudes avec l'être humain. Elle mange peut-être de tout, du papier aux cheveux en passant par la nourriture pour animaux, la bière, la terre de nos plantes et les graisses diverses, mais, comme nous, elle a besoin d'un solide système digestif pour extraire les éléments nutritifs essentiels à sa survie.

Point de départ, la bouche. Celle de la blatte bouge de gauche à droite et non de bas en haut. À la place des dents, de puissantes mandibules broient les aliments, assistées par les glandes salivaires qui ont sensiblement la même fonction que les nôtres. Son œsophage achemine ensuite la nourriture jusqu'au gésier, qui termine le broyage. Puis, l'intestin veille à l'absorption des nutriments et, finalement, le côlon et le rectum parachèvent le travail digestif.

Ses yeux n'ont cependant rien à voir avec les nôtres... Constitués d'au moins 2 000 facettes, ils permettent à la blatte de bien voir ce qui se passe autour d'elle, à l'exception de la lumière rouge que, comme la plupart des insectes, elle est incapable de percevoir. En revanche, elle perçoit très bien la lumière ultraviolette.

Si coquette soit-elle, cette chère coquerelle ne raserait jamais ses jambes velues, puis-



Blatte tête de mort, une des locataires de l'Insectarium de Montréal. Comme ses consœurs, elle mange à peu près n'importe quoi.

que ces poils la dotent d'un sens tactile à toute épreuve. En prime, deux puissants détecteurs de mouvement : à la moindre vibration suspecte, les cerques, petits poils situés à l'extrémité arrière de l'abdomen, font courir l'insecte (un tantinet parano) dans la direction opposée. Les antennes, quant à elles, sont le siège de l'odorat, un autre sens extrêmement développé chez la blatte.

Ajoutez à cela un peu de gras (la substance blanche qui jaillit lorsqu'on l'écrase...) pour emmagasiner l'énergie et neutraliser l'effet toxique des insecticides, un squelette situé à l'extérieur de son corps dont elle se débarrassera au moins six fois dans sa vie, des petits trous qui font office de poumons, des reins qui purifient le sang d'un blanc verdâtre circulant grâce à un cœur en forme de tube, et vous obtiendrez les principaux constituants de la jolie blatte.

Mais n'oublions pas le cerveau. Un tout petit cerveau, dont on peut l'amputer sans conséquences trop graves à court terme. « Le cerveau d'un insecte ne contrôle pas toutes ses fonctions vitales comme c'est le cas pour les autres

animaux, explique Vernon Vickery, entomologiste au Lyman Entomological Museum de l'Université McGill et passionné d'insectes depuis 70 ans. En fait, on trouve un cerveau dans la tête et un dans la partie ventrale, en plus



Blatte de Madagascar, elle fait 8 cm. Géante, dites-vous ? Au cours de l'évolution, certaines espèces de blattes auraient atteint 60 cm.

d'une série de ganglions, de la tête à la queue, qui contrôlent des segments particuliers. » Ainsi, une pauvre blatte décaptée ne mourrait qu'au bout d'une semaine (ou même plus)... de soif; même un insecte aussi débrouillard a besoin d'une bouche pour boire !

Quand ces petits insectes envahissent nos placards, on se rend bien compte que leurs aptitudes procréatrices ne posent aucun problème : les mâles sont libidineux à souhait et les femelles, on ne peut plus agaçantes. Leur arme la plus puissante ? La phéromone, une substance volatile principalement composée de propionate de diméthylisopropylidène. Le terme est complexe, mais le message chimique qu'il émet est très simple : femelle cherche géniteur. Captée par les antennes du mâle, l'odeur de phéromone l'incite à entreprendre une cour sérieuse, les ailes relevées et battantes, les segments postérieurs de son

Une seule relation sexuelle suffit à garder une femelle fertile toute sa vie (elle conserve le sperme en elle)... mais ses penchants épicuriens la poussent néanmoins à s'accoupler à quelques reprises. « Certaines femelles n'ont même pas besoin de mâle pour se reproduire, ajoute Vernon Vickery. C'est ce qu'on appelle la parthénogenèse : les femelles produisent des chromosomes en nombre diploïde plutôt qu'haploïde. » Essentiellement, cela signifie que leurs cellules reproductrices, plutôt que de contenir les 23 chromosomes habituels, appelés à fusionner avec les 23 chromosomes d'une cellule reproductrice mâle (comme le font l'ovule et le

abdomen se faisant de plus en plus saillants à l'approche de la femelle. Il se glisse galamment sous elle, jusqu'à ce que la connexion se fasse entre leurs appendices sexuels, puis il se déplace pour qu'ils soient bout à bout. Il transmet finalement à sa douce le spermatozooïde, une enveloppe qui contient, on l'aura deviné, les spermatozooïdes. Les ébats durent de deux à trois heures pour la blatte germanique. Veinarde, la vilaine...

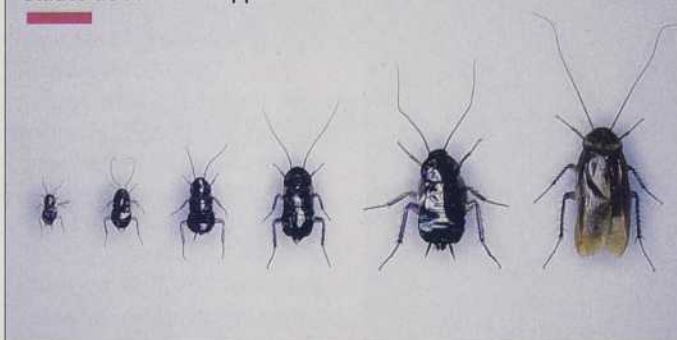
spermatozooïde humain), en contiennent déjà 46. Tous les rejetons issus de cet étrange mode de reproduction seront des femelles, qui demeureront très souvent au stade embryonnaire, sans jamais éclore.

Les blattes qui vivent sous nos toits sont plutôt des adeptes de l'accouplement traditionnel. Une femelle pond environ une trentaine d'œufs à la fois, une quantité qui varie énormément selon la saison, la température, l'humidité et la

population. Ces œufs sont soigneusement « emballés » dans une pochette appelée oothèque, que la femelle garde accrochée à son abdomen jusqu'à ce qu'elle trouve un endroit où elle pourra abandonner ses rejetons : derrière la tapisserie, sous un tapis... là où ils pourront se développer en toute sécurité. Encore plus mère poule que les autres, *Blattella germanica* transportera l'oothèque avec elle jusqu'à ce que ses bébés soient prêts à sortir.

L'éclosion, qui se produit un mois plus tard, dure aussi longtemps que la conception. Le jeune mettra plusieurs heures à faire éclater l'œuf en avalant de l'air, ce qui a pour effet de doubler son volume et de faire céder la membrane. Pendant quelques mois, selon l'espèce, la blatte passera par six stades nymphaux qui la verront grandir, s'élargir et, surtout, lui donneront les ailes qu'elle n'a pas

La blatte américaine à divers stades de son développement.



à la naissance. Une mue s'annonce lorsque ses yeux noirs et brillants deviennent ternes, puis bleus, recouverts d'une enveloppe opaque. Le volume de son sang augmente, elle prend bien soin de libérer sa tête et son thorax d'abord, puis l'abdomen, car si elle commençait par ce dernier, elle mourrait. Le taux de mortalité atteint tout de même 40 % lors de la dernière mue, celle qui marque le passage définitif de la nym-

phe à l'adulte. De 2 à 5 jours plus tard, la blatte perpétue l'espèce à son tour, au grand désarroi de ses hôtes.

Justifié, ce désarroi ? Les avis divergent. « C'est un insecte très malpropre, qui dépose ses excréments partout, rendant ainsi les gens malades, affirme l'exterminatrice Brigitte Chesnel. Par exemple, des personnes peuvent avoir la diarrhée sans même se douter que c'est à cause des co-

querelles. » Mais pour l'entomologiste André Payette, elles ne sont pas nécessairement une manifestation de malpropreté. « Personne n'a jamais été malade à cause des coquerelles, du moins on n'a jamais réussi à le prouver. » Même si on sait que les blattes peuvent transporter 4 lignées du virus de la poliomyélite et 40 espèces de bactéries pathogènes, on n'a aucune preuve qu'elles peuvent les transmettre à l'humain.

« Les gens ont de drôles de réactions face aux blattes, aux araignées et à plusieurs autres insectes, dit Vernon Vickery. Et je trouve que les exterminateurs abusent de cette hystérie collective à propos des coquerelles pour en faire beaucoup plus que nécessaire. » Il est vrai qu'à elles seules les blattes représentent jusqu'à 60 % du chiffre d'affaires des entreprises d'extermination... ●



NOUS, LES PREMIÈRES NATIONS

Venez à la rencontre des onze nations autochtones qui vivent aujourd'hui sur le territoire québécois.
85, rue Dalhousie, Québec • 418.643.2158 • www.mcq.org

Le Musée de la civilisation est subventionné par le ministère de la Culture et des Communications.



Un voyage inoubliable

La dernière éclipse totale de Soleil du millénaire

PARIS
La Tour Eiffel
Le Louvre
Le Palais de la Découverte
La Sorbonne
L'Observatoire de Paris
La Cité des Sciences et de l'Industrie
La Géode
Le Parc Montsouris...

Des rencontres avec des astronomes amateurs et professionnels français... et bien d'autres choses.

Éclipse 1999

Le Soleil à rendez-vous avec la Lune

11 août 1999



DU VENDREDI 6 AOÛT AU SAMEDI 14 AOÛT 1999
PRIX : 1999\$



Téléphone : (514) 252-3129 - Télécopieur : (514) 253-5537

L'abonnement-cadeau à



seulement

29,95 \$ + TAXES

1 an - 10 numéros

L'abonnement débutera avec la grande série « Un siècle de science et d'inventions » présentée dans les 10 prochains numéros

Offrez-le pour Noël !



• simple • économique • original •

Un cadeau qui fera plaisir tout au long de l'année



Montréal : (514) 875-4444 • Ailleurs au Québec : 1 800 667-4444 ou remplissez le coupon ci-dessous



Je l'offre en cadeau !

Voulez-vous que Québec Science envoie une carte de Noël informant le nouvel abonné ?

☐ Oui ☐ Non

☐ Paiement ci-joint
(29,95 \$ + 2,10 \$ TPS + 2,40 \$ TVQ = 34,45 \$)

☐ Facturez-moi

Détachez et expédiez à
Québec Science
Service des abonnements
525, rue Louis-Pasteur
Boucherville (Québec) J4B 8E7
Tél. : (514) 875-4444 ou 1 800 667-4444
Télec. : (514) 523-4444
Courriel : AQcourrier@abonnement.qc.ca

Offre valide au Canada
jusqu'au 31 janvier 1999

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

Abonnement-cadeau 1 an Spécial 29,95 \$

+ TAXES

À

Nom

Adresse

n°

rue

app.

ville

code postal

téléphone

DE

Nom

Adresse

n°

rue

app.

ville

code postal

téléphone

Je m'abonne au prix régulier de 37,60 \$ (taxes incluses)

☐ Paiement ci-joint

☐ Facturez-moi

Lu vu entendu

Les lacs du Québec commencent à geler, et bien des riverains sont soulagés de voir que la saison des motomarines est enfin terminée. Si on a beaucoup parlé des dangers de ces engins, ce n'est pas le problème le plus épineux, selon le Conseil régional de l'environnement des Laurentides. Dans un avis remis au Comité provincial sur la sé-



curité nautique, il indique que « la gestion du plan d'eau, la pollution de l'eau et de l'air, l'érosion des berges, la perturbation des fonds sédimentaires, la pénétration sinon la violation de territoires jusque-là préservés de toute intrusion mécanique et la pollution sonore représentent des problèmes sociaux encore beaucoup plus importants à long terme que la sécurité humaine sur les plans d'eau ». Il ajoute qu'« une motomarine qui agresse de manière lancinante une population riveraine en faisant du surplace pour impressionner la galerie représente une des pires tortures sonores à laquelle peut être soumise une oreille humaine ». Que faire ? Le Conseil recommande d'interdire l'usage des motomarines à moins de 1 000 mètres des rives de même que dans les rapides, les frayères et les zones de nidification de la sauvagine. Les autorités ont tout l'hiver pour y réfléchir... dans le calme et le silence.

Hara-kiri pour du brocoli

Les cellules cancéreuses n'aiment pas le brocoli. À un point tel qu'elles préfèrent... se suicider plutôt que d'y être exposées ! C'est du moins ce qu'ont découvert des chercheurs britanniques lors d'une étude sur les propriétés anticancérigènes des fruits et légumes. Testé en laboratoire, le jus de brocoli pourrait induire le processus d'apoptose des cellules précancéreuses. L'apoptose, c'est cette faculté qu'ont la plupart des cellules de « s'autodétruire » lorsqu'elles présentent des anomalies.

La plupart des cellules le font, mais les cellules cancéreuses ont perdu cette propriété, ce qui fait qu'elles se reproduisent indéfiniment pour former des tumeurs. Les petits frères du brocoli, les légumes de la famille des crucifères (choux, navets, choux-fleurs, etc.), contiendraient eux aussi cette substance active qui déclenche l'apoptose des cellules précancéreuses. Ces résultats ne manqueront pas de réjouir les producteurs de brocoli de Grande-Bretagne, qui ont d'ailleurs financé l'étude !

Karina Laberge



L'INNOVATION DU MOIS

Un cœur artificiel plus autonome

Chaque année, en Amérique du Nord, quelque 30 000 personnes en attente d'une transplantation cardiaque meurent, faute d'organe disponible. Au Québec, on parle de 20 % des patients sur les listes d'attente. Pour remédier au problème, une équipe de chercheurs de l'Université Laval et du Centre hospitalier universitaire de Québec tente de concevoir un cœur totalement artificiel. Les chercheurs travaillent depuis trois ans sur leur prototype qui se distingue des quelques modèles existants par sa membrane (on souhaite en arriver à une membrane de polyuréthane de meilleure qualité et suffisamment étanche pour éviter tout risque de court-circuit), mais surtout par son mode d'alimentation.

Pour fournir au cœur artificiel l'énergie nécessaire à son fonctionnement, les chercheurs essaient de mettre au point un système par induction transdermique. On veut faire passer l'énergie à travers la peau, un peu comme les *patches* transmettent nicotine ou hormones dans le sang. « Aucun tuyau ou fil ne doit sortir de la peau, car tout ce qui traverse la peau est source d'infection », explique Robert Guidoin, du département de chirurgie de l'Université Laval. Les chercheurs veulent donc implanter une bobine sous la peau pour alimenter le cœur artificiel. Elle recevrait son énergie d'une autre bobine placée vis-à-vis, sur la peau, et reliée à une pile. Et comme on transmettrait suffisamment d'énergie pour faire battre le cœur pendant 24 heures, une personne n'aurait à recharger son système qu'une fois par jour plutôt que toutes les 6 heures, comme l'exigent les modèles actuels.

Ce système est encore à l'étude, mais Robert Guidoin pense pouvoir entreprendre des essais cliniques d'ici trois ans.

Agence Science-Press

LE CHIFFRE DU MOIS

400

C'est le nombre d'heures qu'on entend désormais consacrer à l'enseignement des sciences et des technologies, par année et par niveau, dans les écoles secondaires québécoises. Appréciable ? Absolument pas ! Le Conseil des sciences et des technologies note dans son mémoire sur la réforme du curriculum de l'enseignement que cela représente en fait une baisse de 27 % du temps consacré aux sciences. Le Conseil fait aussi remarquer que le Québec se situe maintenant au dernier rang des provinces canadiennes à ce chapitre. On est distinct ou on ne l'est pas ! « Le réaménagement proposé [dans le curriculum scolaire] ne fait pas que diminuer les heures disponibles pour l'enseignement et l'apprentissage des sciences, il véhicule aussi auprès des enseignants et des élèves une image très négative de l'importance réelle qu'il convient d'accorder à ces matières. »

Fleuve sous surveillance

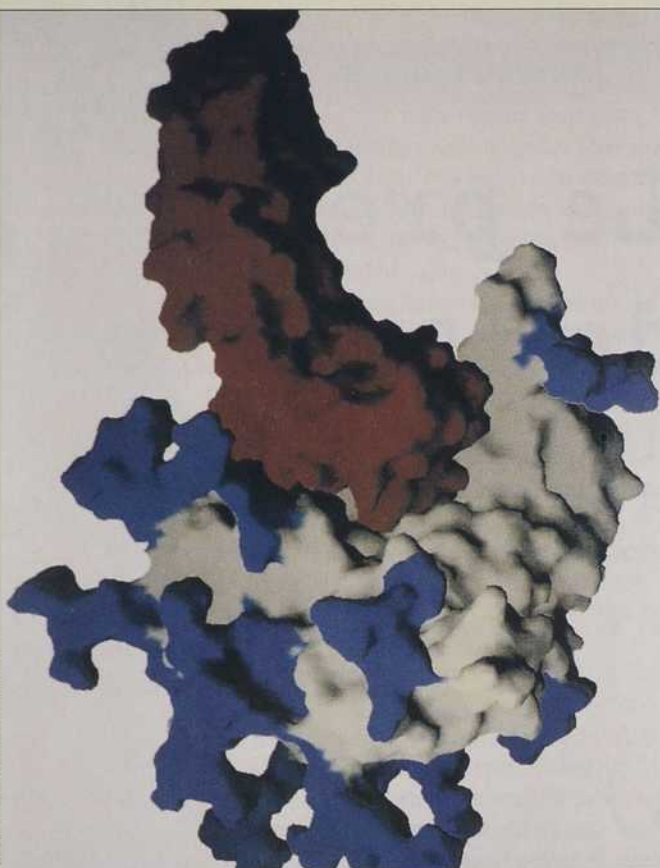
Les ministres de l'Environnement du Canada et du Québec ont décidé de réduire de moitié l'usage des pesticides agricoles d'ici cinq ans, car ils constituent un grave facteur de pollution du Saint-Laurent. Ce sera donc l'objectif prioritaire du Plan d'action Saint-Laurent, une opération de sauvetage du fleuve entreprise en 1988.

Le plan d'action en faveur du Saint-Laurent prévoit aussi multiplier par 10 le nombre de zones protégées, pour leur faune et pour leur flore, le long du littoral du Saint-Laurent. Près de 120 000 hectares d'espaces fragiles et menacés seraient ainsi conservés.



Centre canadien de télédétection

C.J. Gunther/Sipa Press/PonoPress



Tueur en série

En juin dernier, des chercheurs américains réussissaient à photographier pour la première fois l'attaque du VIH sur des cellules humaines. Toutefois, on n'avait pas besoin de preuve pour accuser le tueur. Les chiffres parlent d'eux-mêmes.

Le virus du sida a maintenant contaminé 33 millions de personnes. Plus que la population du Canada. Et le nombre de ses victimes a doublé en quatre ans, indique l'Organisation mondiale de la santé. Cette tendance est toutefois moins accentuée dans les pays développés où le nombre de cas s'est stabilisé. Ce phénomène est attribuable à l'administration de trithérapies, un traitement qui permet de contrôler l'évolution de la maladie, mais qui ne la guérit pas.



Le premier jour de la Lune

Alors que la Terre était encore toute jeune, un astéroïde géant l'a percutée avec une violence inouïe. Et avec des conséquences surprenantes.

par Vincent Sicotte

Oubliez *Deep Impact*. Oubliez aussi *Armageddon* et son gigantesque astéroïde, aussi vaste que l'État du Texas. Et même l'astéroïde — pourtant bien réel, celui-là — qui aurait exterminé les trois quarts de la vie sur Terre, dinosaures compris, il y a 65 millions d'années. Tous ces colosses ne sont que de tristes cailloux si on les compare à l'astéroïde titanesque, grand comme la planète Mars, qui se serait fracassé contre la Terre et serait à l'origine de la formation... de la Lune.

La Lune ?

Même si on commence à connaître assez bien notre satellite et l'influence qu'il a sur notre planète (voir l'encadré à la page 20), son origine est encore plutôt obscure. En fait, les théories proposées ont longtemps été de véritables casse-tête où le dernier morceau s'insérait toujours mal. Jusqu'à tout récemment, elles pouvaient se résumer ainsi : la Lune est-elle la fille, la sœur ou la cousine de la Terre ?

La première théorie, formulée en 1880 par l'astronome George Darwin, fils du célèbre naturaliste, est celle de la *fission*. Selon Darwin, la Terre tournait tellement vite qu'un gigantesque morceau s'en serait tout à coup détaché et aurait formé la Lune. Elle serait donc, en quelque sorte, la « fille » de la Terre. « On a longtemps cru que l'océan Pacifique était le cratère résultant de ce phénomène », dit Robin Canup, une scientifique du Southwest Research Institute, à Boulder au Colorado, qui s'intéresse de près à la Lune. « Cette théorie a même été enseignée dans les écoles jusque dans les années 60 ! »

On sait maintenant que l'érosion et l'activité tectonique ont entièrement remodelé la surface terrestre, effaçant toute trace de cette époque lointaine. Mais surtout, il y a une quinzaine d'années, les meilleures simulations par ordinateur ont démontré que ce scénario serait plausible à la seule condition que la Terre et la Lune tournent sur elles-mêmes quatre fois plus vite qu'elles ne le font présentement.

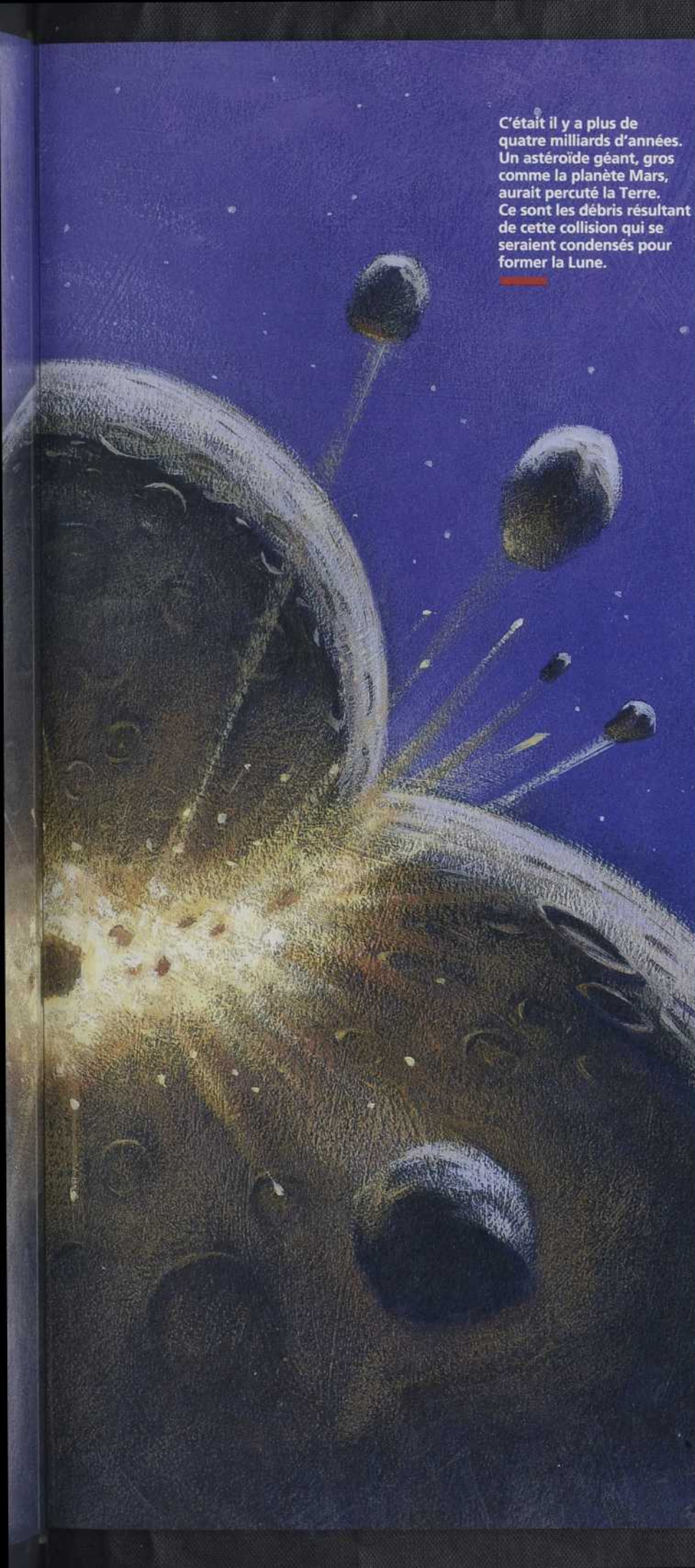
Aux poubelles donc, l'idée de la fission.

La deuxième théorie fait de la Lune la sœur de la Terre. Ces deux corps se seraient formés à peu près en même temps, à partir du disque primordial de poussières et de gaz qui a donné naissance aux planètes. C'est d'ailleurs par ce mécanisme de *coformation* qu'on explique le cortège de satellites des planètes géantes. Cette théorie implique que la composition chimique de la Lune devrait être semblable à celle de la Terre et des autres planètes dites telluriques formées dans la même région (Mercure, Vénus et Mars). Or, ce n'est pas tout à fait le cas.

L'analyse des roches lunaires rapportées sur Terre par les missions *Apollo* montre plusieurs similitudes chimiques avec les roches terrestres. Mais elle témoigne également d'écarts significatifs : une pauvreté en éléments volatils (ceux qui se vaporisent à des températures peu élevées), comme le silicium, l'oxygène, le carbone et le potassium, et une abondance plus grande d'éléments réfractaires (tolérant la chaleur) comme le calcium et le magnésium. De plus, la densité de la Lune (3,34 fois plus dense que l'eau) est très

Illustration : Alain Massicotte





C'était il y a plus de quatre milliards d'années. Un astéroïde géant, gros comme la planète Mars, aurait percuté la Terre. Ce sont les débris résultant de cette collision qui se seraient condensés pour former la Lune.

différente de celle de la Terre (5,5). Elle se rapproche plutôt de celle du manteau terrestre (3,3), cette couche visqueuse de roches fondues sous la croûte terrestre. « En fait, la Lune ressemble beaucoup au matériau du manteau terrestre qui aurait été chauffé à très haute température », explique Robin Canup.

Les missions *Apollo* ont réservé une autre surprise de taille, qui a clos bien des débats : la Lune n'a pas de véritable noyau. Pourtant, toutes les planètes telluriques ont un noyau important, constitué principalement de fer. La Terre, par exemple, comporte un noyau de fer et de nickel représentant le tiers de sa masse totale. Si la Lune avait vu le jour aux côtés de sa présumée sœur, l'absence de noyau ferreux et les subtiles différences de composition chimique resteraient inexplicables.

Finalement, la troisième théorie, celle de la *capture*, fait de la Lune une cousine de la Terre. Par le hasard du jeu de billard cosmique, la Lune, formée ailleurs dans le Système solaire, serait passée si près de la Terre qu'elle aurait été capturée par attraction gravitationnelle. Cette théorie rend compte des différences de composition chimique, mais en revanche elle n'explique pas les ressemblances. De plus, les simulations par ordinateur ont montré que les probabilités qu'un tel événement se produise sont extrêmement faibles : il y aura collision ou séparation ultérieure, mais pas de capture stable.

Le progrès des simulations informatiques et, surtout, les missions *Apollo* (qui avaient pour principal objectif de déterminer l'origine de la Lune) ont fait avancer le débat... en éliminant une à une les théories existantes !

« C'est vers 1975, dans un contexte où les perspectives semblaient bloquées, qu'est arrivé Al avec son idée révolutionnaire », se souvient Robin Canup.

Al, c'est Alastair Cameron, chercheur au célèbre Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics. Par modestie, il minimise l'originalité de l'idée qu'il a eue il y a 25 ans. « C'était une simple question de curiosité... » À l'époque, il s'était demandé quelle taille devrait avoir un astéroïde entrant en collision oblique avec la Terre pour lui imprimer la bonne vitesse de rotation et projeter dans l'espace l'équivalent de la masse de la Lune en débris rocheux. « C'est de la physique élémentaire, dit-il. La réponse que j'ai obtenue est la suivante : à peu près la masse de la planète Mars, soit un dixième de la Terre. »

Sans la Lune, la direction de l'axe de rotation de la Terre varierait de façon chaotique, envoyant valser l'équateur au pôle, ce qui aurait sans doute empêché la persistance d'eau liquide et donc l'émergence de la vie.

Cette formidable collision aurait projeté dans l'espace des roches, du magma et de la vapeur provenant de l'astéroïde qui a percuté la Terre et des couches superficielles de la Terre primitive (croûte et manteau). Ces débris auraient ensuite formé un immense nuage en orbite, qui se serait peu à peu condensé pour créer la Lune.

D'après ce scénario, une partie importante de l'astéroïde serait restée sur Terre, s'amalgamant au matériau terrestre. En fait, l'astéroïde constituerait un dixième de la masse de la Terre, mais seulement un centième de celle de la Lune. On croit que son noyau ferreux a plongé dans le sol, traversant le manteau terrestre en fusion

pour rejoindre le noyau de notre planète.

La théorie de l'*impact géant*, ainsi qu'on l'appelle, explique tout naturellement la ressemblance entre les roches lunaires et le manteau terrestre, et l'absence de noyau ferreux dans la Lune. Elle justifie également les vitesses de rotation de la Terre et de son satellite.

Pourtant, cette théorie, aussi élégante soit-elle, a mis une décennie à se faire accepter !

« L'idée qu'un élément aussi fondamental que la Lune soit le résultat d'un impact cataclysmique unique était très radicale ! » explique Robin Canup. Mais elle a tout de même fait son chemin dans la commu-



nauté scientifique puisqu'en 1984, lors d'une conférence sur l'origine de la Lune à Kona, sur l'île d'Hawaï, on a reconnu d'emblée que la théorie de l'impact géant était la seule qui rendait compte de toutes les particularités lunaires. « Tout le monde a sauté dans le train en marche », ironise aujourd'hui Alastair Cameron. Et depuis la conférence de Kona, l'impact géant demeure la théorie dominante pour expliquer la genèse de notre satellite naturel.



Sous influence

Longtemps présumée responsable de multiples influences douteuses, le satellite naturel de la Terre est bel et bien à l'origine des marées et de la ronde des éclipses.

« La Lune a également joué un rôle crucial pour faire de la Terre une planète habitable », explique Robin Canup, du Southwest Research Institute aux États-Unis. Comme la Lune est assez massive, elle stabilise par gravité la direction de l'axe de rotation de la Terre. Sans la Lune, la direction de cet axe varierait de façon chaotique et débridée sous l'influence du Soleil et des planètes géantes (Jupiter et Saturne, surtout), envoyant valser l'équateur au pôle, ce qui aurait sans doute empêché la persistance d'eau liquide et donc l'émergence de la vie, exactement comme sur la planète Mars. « Avec une Lune deux fois plus petite, note Robin Canup, nous serions en régime chaotique. C'est une coïncidence extraordinaire ! »



lors, la question de l'origine de la Lune serait enfin réglée ?

C'est ce que croyait Robin Canup jusqu'à ce qu'elle s'intéresse de plus près, il y a quatre ans, aux innombrables débris projetés dans l'espace par l'impact en modélisant l'événement sur ordinateur.

Les simulations indiquent que tout s'est passé très vite. En une seule journée, le nuage de débris se répartit en une sorte de beigne autour de la Terre. En quelques mois, il s'aplatit et prend la forme d'un disque. Puis, en quelques années, les débris s'agglomèrent par attraction gravitationnelle et collisions : la Lune est née en 10 ans tout au plus.

Suffisamment massif, notre satellite perturbe l'équilibre dans le disque de poussières — un peu comme un chien dans un jeu de quilles ! — et chasse les débris restants qui retomberont sur Terre. C'est d'ailleurs en raison de ce nettoyage gravitationnel que la Terre n'a pas d'anneaux, comme Saturne. Les satellites



Saturne a gardé ses anneaux parce que ses lunes n'ont pas le pouvoir nettoyant de notre Lune.

saturniens, beaucoup plus petits, n'ont pas ce « pouvoir nettoyant ».

D'après les calculs de Robin Canup, la Lune s'est formée très près de la Terre, à quatre rayons terrestres seulement. (Pour traiter ces questions, les scientifiques utilisent le rayon de la Terre, soit 6 378 km, comme unité de mesure; la Lune se situe actuellement en moyenne à 60 rayons terrestres.) Au moment de sa formation, elle devait donc paraître beaucoup plus grande qu'aujourd'hui. « Ça devait être un spectacle absolument formidable ! » s'exclame Robin Canup.

Et pourquoi la Lune s'est-elle éloignée de notre planète ? Parce que la Terre a progressivement ralenti...

En effet, les frottements causés par les marées des océans provoquent une perte d'énergie, un peu comme la friction dans un moteur d'auto gaspille une partie de l'essence. Or, cette énergie dissipée par les marées ne peut venir que de l'énergie de rotation de la Terre. Résultat : la durée du jour diminue de 0,002 seconde par siècle.

Comme la Terre et la Lune sont liées par la gravité, ce ralentissement de la rotation terrestre a provoqué un éloignement de la Lune, pour la même raison qu'une patineuse en rotation ralentit brusquement lorsqu'elle allonge les bras. Voilà pourquoi la Lune est 15 fois plus loin aujourd'hui qu'à sa naissance. D'ailleurs, on observe que cette fugueuse s'éloigne de sa planète mère de quatre centimètres par an.

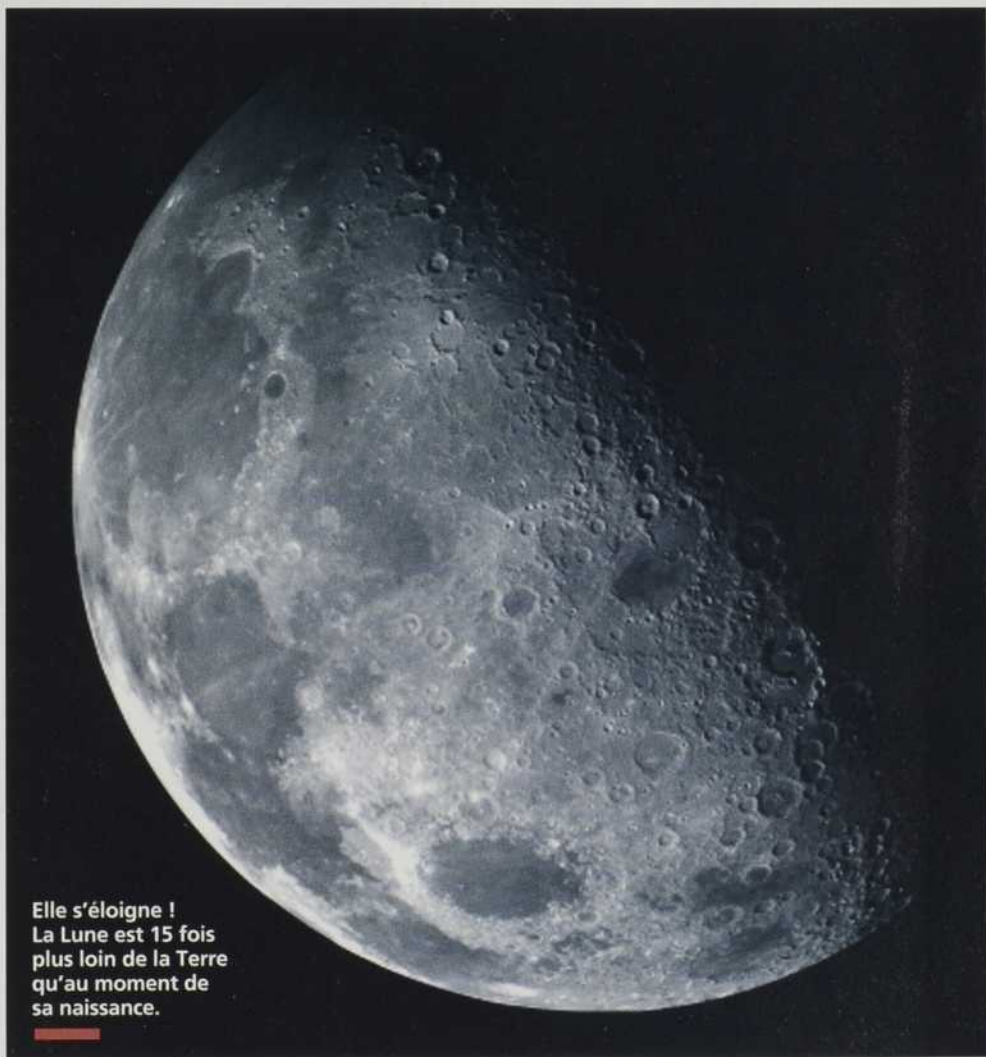
Mais revenons à nos morceaux de Lune tout de suite après l'impact géant... Au dé-

part, comme ils ne sont pas projetés très loin, l'attraction gravitationnelle de la Terre est assez forte pour perturber leur accréation : c'est ce qu'on appelle l'effet de marée. C'est par cet effet, par exemple, que Saturne empêche la poussière de ses anneaux de s'agglomérer. La Lune se formera donc sur le bord extérieur du disque, soit assez loin pour échapper à cet effet. Par la suite, lorsque sa masse sera suffisante, elle chassera les résidus entre elle et la Terre.

portant que la masse actuelle de la Lune, ce qui implique qu'il faut compter avec un méga-astéroïde dont la masse serait de 2 à 3 fois celle de Mars !

Seul un objet de cette taille parviendrait à provoquer la formation de notre Lune. Cependant, les simulations indiquent également qu'un choc d'une telle violence accélérerait de beaucoup la vitesse de rotation de la Terre, en comparaison avec celle qu'on observe aujourd'hui.

Robin Canup explique, que malgré tou-



**Elle s'éloigne !
La Lune est 15 fois
plus loin de la Terre
qu'au moment de
sa naissance.**

« Les simulations informatiques nous ont montré que seulement une fraction du nuage de débris s'aggrave en Lune, le reste est dispersé et retombe sur Terre », explique-t-elle. Avec un nuage initial d'une fois la masse de la Lune, le satellite formé lors de la simulation ne représente que le tiers de la Lune réelle.

Alors, on recommence en triplant les quantités initiales ? C'est ce que conclut l'étude de Robin Canup et de son équipe, publiée dans la revue *Nature*, en septembre 1997. On y soutient que la formation d'une Lune ayant la bonne masse nécessite un nuage de débris de 2 à 2,5 fois plus im-

tes ses tentatives, elle a été incapable de reproduire les masses et les vitesses de rotation correctes du système Terre-Lune avec le modèle d'un impact unique. « Cameron a développé une variation sur le même thème : la Lune créée par la simulation a la bonne masse, les vitesses de rotation sont correctes, mais cette fois-ci, c'est la Terre qui est trop petite ! » Cet apparent cul-de-sac a amené certains scientifiques à proposer, depuis deux ans, différentes modifications à la théorie. Notamment la théorie des impacts multiples : un premier impact aurait créé la Lune et un deuxième aurait plus tard modifié la

vitesse de rotation terrestre. « Mais ce n'est pas bon signe quand ça se complique... », dit la scientifique.

Nous sommes donc une fois de plus dans une impasse... ce qui n'empêche pas la théorie de l'impact géant d'être toujours la plus populaire. En revanche, cette impasse pourrait bouleverser d'autres théories. En effet, s'il est vrai que des impacts géants multiples sont nécessaires pour expliquer le système Terre-Lune, cela modifiera certainement notre compréhension de la formation du Système solaire.

Lorsqu'on lui pose la question, Robin Canup admet qu'il est « tout à fait possible » que les impacts géants aient été plus fréquents qu'on ne le pense. Elle ajoute que nous vivons peut-être dans un système très spécial, résultat d'une coïncidence « extraordinaire ». « C'est ce que j'aimerais croire du point de vue philosophique... il ne reste maintenant qu'à le prouver ! » ●

Pour en savoir plus

En décembre, tous les spécialistes de la Lune, dont Alastair Cameron et Robin Canup, vont tenter de faire progresser le débat. Le compte rendu de leur conférence sera publié en ligne à l'adresse suivante : cass.jsc.nasa.gov/meetings/origin98/home.html.



Ouille !

D'après la datation par éléments radioactifs, les roches de la surface lunaire rapportées par les missions *Apollo* auraient l'âge vénérable de 4,5 à 4,52 milliards d'années. Ce nombre est compatible avec le fait que la Lune s'est formée après la Terre, qui a 4,6 milliards d'années.

L'impact géant, lui, aurait eu lieu 50 millions d'années après le début de la formation de la Terre. Or, celle-ci a mis environ 100 millions d'années à se former à partir du disque primordial de gaz et de poussières. Lors de l'impact géant, la Terre n'était donc que partiellement formée : elle n'avait alors que 60 à 70 % de sa masse actuelle. L'astéroïde, de deux à trois masses martiennes selon les derniers calculs, faisait donc près de la moitié de la Terre ! « Pour mes modélisations, j'utilise un rapport de masses de 7 à 3 pour la Terre et l'astéroïde », précise Alastair Cameron.

Mlink
internet

«et le
message
passera.»

Tout ce qui doit
cliquer
entre vous et
un fournisseur
de service
internet

GO TO:
www.mlink.net/qs

514/ 231-1923
1888. MLINK 56

Modifier les animaux ?

De quel droit ?

À la frontière de l'incroyable et de l'inacceptable, les manipulations génétiques soulèvent bien des inquiétudes. Un tour d'horizon de ce qui se fait et de ce qui pourrait se faire dans le domaine biomédical.

par Catherine Dubé



Sean O'Neill

Quand Willow sera grande, elle donnera du lait comme aucune de nos chèvres n'en a jamais produit, du lait doté d'une protéine qui sera utilisée par l'industrie pharmaceutique. Née le 9 août dernier, dans les laboratoires de Nexia Biotechnologies, situés dans la région de Montréal, Willow est la première chèvre transgénique conçue au Canada. Quant à la fameuse protéine qui se cache sous le nom de code Nex 41, Nexia Biotechnologies refuse pour l'instant d'en dévoiler la nature. Tout ce qu'on sait, c'est que, pour la produire, Willow a reçu un gène humain.

Pour certains, Willow n'est qu'un outil de plus qui permettra aux chercheurs de mettre au point de nouveaux traitements pour une foule de maladies; elle représente l'espoir d'une guérison, une victoire de la science. Pour d'autres, elle n'est qu'une curiosité de laboratoire, une chimère qui n'aurait jamais dû voir le jour... et la preuve que l'humain est en train de dépasser les bornes en s'improvisant Créateur.

Les organismes génétiquement modifiés (OMG), ces plantes ou ces animaux auxquels on a greffé un ou plusieurs gènes provenant d'une espèce différente, ne

font que commencer à faire parler d'eux. Le plus intéressant — et le plus controversé — reste à venir. Et pour cause : pour apprendre à manipuler l'ADN, les scientifiques ont parfois créé des monstres.

Dans les années 80, le Danois Steen Willadsen a mis au point des moutons à tête de chèvre, et plusieurs chercheurs ont étudié des chimères caille-poulet pour étu-

dier la migration des cellules lors du développement.

Plus récemment, des chercheurs suisses ont créé une drosophile (une mouche à fruit) avec 14 yeux disséminés sur les pattes, les antennes et les ailes. Ceci dans le but — finalement atteint — de prouver que certains gènes contrôlent la fabrication complète d'organes en orchestrant le travail de milliers d'autres.

En 1995, les manipulations d'Eric Wieschaus, de Christiane Nüsslein-Volhard et d'Edward Lewis ont donné naissance à des drosophiles dont les faces ventrales et dorsales étaient interverties, permettant du même coup d'isoler quelques gènes qui jouent un rôle important dans la position des organes lors du développement de l'embryon. Ce travail a été couronné par un prix Nobel.



Pierre-Paul Pariseau

En direct du Musée de la Civilisation, à Québec, suivez le débat public Radio-Canada/Québec Science, le dimanche 1^{er} novembre 1998, à 12 h 15, sur la première chaîne radio de Radio-Canada.

En recherche médicale, les laboratoires créent par centaines des souris sidéennes, cancéreuses, dépressives ou souffrant de la maladie d'Alzheimer. Des animaux condamnés à la maladie avant même leur naissance.

Toutes ces expériences nous conduisent en droite ligne à cette grave question éthique : « A-t-on le droit de modifier ainsi la vie ? »

À ce sujet, les consensus sont rares. Entre les extrêmes — les chercheurs purs et durs et les défenseurs acharnés des droits des animaux —, il existe bien des nuances. Pour faciliter la discussion, Georges Legault, spécialiste des questions d'éthique appliquée et professeur à l'Université de Sherbrooke, croit qu'il faut poser la question autrement. « A-t-on le droit ? est une question morale, et les philosophies morales mènent à des confrontations, à un cul-de-sac. Je préfère la question éthique : Est-ce raisonnable de faire de la recherche sur les animaux transgéniques ? Par ailleurs, on ne peut pas répondre une fois pour toutes à toutes les questions. On doit procéder au cas par cas. »

Au rythme où se font les nouvelles découvertes, les comités d'éthique ont du pain sur la planche. Normal : même si les manipulations génétiques sont complexes, elles sont semblables d'une expérience à l'autre (*voir l'encadré*), ce qui permet de multiplier les variations sur le même thème. Et de « sacrifier » de plus en plus d'animaux.



Souris phosphorescentes.
Une création du génie génétique.

Kaku Karita/Gamma/Ponopresse

Pourquoi s'acharner à utiliser ces petites bêtes plutôt que les techniques *in vitro* avec culture de cellules ?

Simplement parce que la bonne vieille éprouvette ne sera jamais aussi efficace qu'un organisme vivant pour observer les effets d'une maladie ou d'un médicament.

Paul Jolicœur, chercheur à l'Institut de recherches cliniques de Montréal, utilise des souris transgéniques depuis une dizaine d'années dans le cadre de ses recherches sur le cancer. « Si je le pouvais, je me servais uniquement de cellules et je ferais mes expériences *in vitro*. Ça irait plus vite !

Mais pour comprendre la maladie, un modèle physiologique est nécessaire. » La souris-outil est donc là pour rester.

La chèvre Willow pourrait aussi rapidement devenir très populaire. La production d'hormones ou de protéines humaines dans le lait d'animaux de ce genre risque de provoquer une minirévolution dans le monde pharmaceutique. Grâce à la quantité de lait qu'un mammifère comme la brebis, la vache ou la chèvre produit, on peut espérer synthétiser des substances médicamenteuses en abondance... et à peu de frais comparativement à la production en laboratoire.

Pour parvenir à cet étonnant bricolage, on insère dans le génome de l'animal un gène humain qui commande la production d'une substance utile en pharmacie, l'hormone de croissance par exemple. Avant de greffer le gène, on organise sa partie régulatrice pour que la production de la substance se fasse dans le lait, et pas ailleurs. Pour l'instant, PPL Therapeutics, associée au Roslin Institute qui a créé la brebis Dolly, Genzyme au Massachusetts, Pharming aux Pays-Bas et Nexia Biotechnologies à Montréal seraient les seules entreprises à s'être lancées dans l'aventure.

Nexia ne s'attend pas à vendre son médicament avant cinq ans — le temps de faire tous les tests et de s'assurer qu'il répond à toutes les normes —, mais elle construit déjà les étables qui abriteront ses chèvres. Elle en loge actuellement 400 et en recevra bientôt un millier. Une véritable usine sur quatre pattes !

Les animaux transgéniques pourraient avoir d'autres vocations. Par exemple, combler la pénurie perpétuelle de don-

Transfert de gène

Qu'il s'agisse de faire en sorte qu'une chèvre synthétise une protéine humaine ou de créer une souris de laboratoire cancéreuse, les techniques employées sont similaires. On isole d'abord chez l'humain le gène qu'on croit responsable de la maladie ou celui qui contrôle la production de la substance désirée. On place ensuite ce gène dans un plasmide — une molécule d'ADN de bactérie, située à l'extérieur du noyau et ne contenant aucune information génétique essentielle —, qui devient le support du gène à greffer. À l'aide d'une micropipette, on injecte le

plasmide dans un ovule fécondé, mais où les noyaux de l'ovule et du spermatozoïde n'ont pas encore fusionné. Le gène s'intégrera alors à ceux de l'embryon. On insémine ensuite une mère porteuse et on attend que le bébé naisse pour voir s'il exprime bien le gène voulu, ce qui n'est pas toujours le cas. En effet, cela prend parfois des centaines d'ovules pour arriver à produire un seul animal transgénique.

Souris cancéreuse



Ch. Vouillard/Gamma/Ponopresse

neurs d'organes. Le candidat pressenti, le porc, a en effet un foie et un cœur de la même grosseur que ceux des humains. Et en lui greffant quelques gènes humains, on éliminerait les risques de rejet par notre système immunitaire, rendant ces xéno-greffes possibles. Bien d'autres idées planent dans l'air, toutes plus incroyables les unes que les autres. Nexia a même pensé à introduire un gène d'araignée dans le génome d'une chèvre pour qu'elle produise dans son lait une super fibre souple et résistante.

Outre la transgénèse, d'autres techniques, comme le clonage, donnent lieu à des débats passionnés. On s'aperçoit que même des sujets qui semblaient faire consensus, comme l'interdiction du clonage humain, ne sont pas aussi simples à régler. « Pour s'assurer que personne ne produira jamais de clone humain, il faudrait interdire la méthode du clonage, voire toute recherche destinée à en comprendre les mécanismes, explique l'éthicien Georges Legault. Or, le clonage peut être utile pour créer des animaux de laboratoire utilisés pour la recherche biomédicale. Faudrait-il l'interdire aussi ? »

La question exige une réponse rapide maintenant que Dolly n'est plus seule. Quelques semaines seulement après avoir annoncé la création de ce premier clone fait à partir d'une cellule de mammifère adulte, le Roslin Institute d'Édimbourg faisait savoir que Polly, le premier clone de brebis contenant un gène humain, venait de sortir de ses laboratoires. Gene, le premier clone de veau a suivi, puis George et Charlie, tous nés aux États-Unis. Il y a quelques semaines, une équipe de chercheurs de l'université d'Hawaï publiait dans *Nature* les résultats de leurs efforts : ils ont réussi à produire 50 clones de souris.

Pourquoi le clonage suscite-t-il autant d'intérêt ? Parce que lorsqu'il sera parfaitement au point, il permettra de donner naissance à de nouveaux animaux transgéniques sans avoir à refaire les manipulations complexes qui ont permis de concevoir le premier.

Toutes ces techniques ont de quoi donner le vertige. D'où l'importance de débattre ces questions. « L'idéal, croit Georges Legault, serait de former un comité panquébécois permanent regroupant des chercheurs, des citoyens et des dirigeants d'entreprise. » Et plutôt que d'édicter des lois qui seraient vite dépassées, il vaudrait mieux, selon Georges Legault, se donner des lignes de conduite réfléchies au fur et à mesure que le besoin s'en fait sentir.

Au-delà de cette limite...

A-t-on le droit de modifier la vie ?

Québec Science a posé la question à des chercheurs et à des observateurs de la scène scientifique.

On ne s'étonnera pas qu'ils soient plutôt favorables à ce type de pratique, mais ils se demandent, eux aussi, jusqu'où on peut aller.



Robert Tanguay

Chercheur au laboratoire de génétique cellulaire et développementale de l'Université Laval

« A-t-on le droit de modifier la vie ? Pourquoi pas ! On le fait régulièrement lors des interventions chirurgicales. La nature elle-même se modifie sans cesse, la plupart du temps lentement, mais parfois rapidement, par le biais des mutations génétiques. Les avantages de la recherche en génétique sont nombreux. Elle permet d'aspirer à une meilleure qualité de vie, de trouver des traitements à plusieurs maladies et, surtout, de les prévenir.

« Quant au risque de perdre le contrôle, il est limité parce que nous maîtrisons les techniques et que nous accumulons de plus en plus de connaissances. Il n'y a pas si longtemps, on s'est posé la même question à propos de l'informatique en se demandant si on pouvait perdre le contrôle

de nos machines, de nos robots... Aujourd'hui, cette peur a disparu.

« Quant aux limites à ne pas franchir, il y en a, sans aucun doute. Mais l'éthique et la morale sont le reflet d'une société à un point donné de son histoire. Aujourd'hui, le clonage de l'humain ne présente aucun avantage — et peut-être n'y en aura-t-il jamais non plus —, mais un jour cela pourrait devenir acceptable. »

Jean-Marc Grandbois

Professeur de biologie à l'Université du Québec à Rimouski

« On peut modifier la nature sans problème pendant un certain temps, mais je crois qu'on est en train de se faire rattraper par elle. La résistance des bactéries aux antibiotiques, par exemple, est peut-être un indice qu'on va trop loin. Nous n'avons pas suffisamment de connaissances pour prévoir les conséquences de nos expérimentations. Dans le domaine de la physiologie, par exemple, nous ne comprenons absolument rien, même si nous



Jean-Marie Grandbois

avons l'impression de tout savoir ! En effet, si nous comprenions tout, nous serions capables de guérir la plupart des maladies...

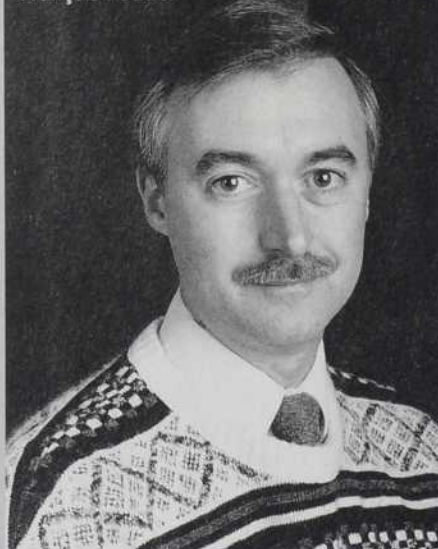
« Je ne crois malheureusement pas qu'on puisse cesser toute modification génétique sur les animaux. Ces derniers sont nécessaires à la recherche fondamentale, même si on ne peut extrapoler les résultats de ces recherches à l'humain. Par contre, modifier les gènes d'un animal pour augmenter sa productivité n'est pas une raison valable. Cette "filtration" génétique rend les animaux plus sensibles aux maladies, et comme ils sont alors tous génétiquement identiques, les dangers d'épidémie sont accrus. »

François Pothier

Chercheur au Centre de recherche en biologie de la reproduction de l'Université Laval

« La limite à considérer dans les modifications génétiques animales, c'est le bien-être de l'animal. Par exemple, on peut faire souffrir un porc en le faisant devenir plus gros, plus rapidement. Par contre, il existe des règles très strictes concernant l'utilisation des animaux de laboratoire, des règles qui limitent leur souffrance au strict minimum. Cette utilisation-là est fort différente de la première, car on se sert de l'animal pour comprendre une maladie humaine.

François Pothier



Paul Laliberté/Université Laval

« Certains personnes soutiennent que les animaux ont des droits tout autant que les humains. Mais lorsque je vois un enfant de quatre ans qui meurt de la leucémie, je veux trouver une façon de le soigner à l'aide d'une souris transgénique. Même chose avec la transplantation d'organes de porc : c'est, selon moi, la plus belle application de la transgénèse.

Bernard Keating



Paul Laliberté/Université Laval

« Chaque application doit faire l'objet d'une réflexion. Mais, pour cela, les gens doivent être informés. On utilise l'insuline de porc depuis des décennies et il n'y a jamais eu de problèmes. Pourquoi y en a-t-il un avec les xénogreffes ? »

Bernard Keating

Professeur de théologie à l'Université Laval

« Avec les techniques de transgénèse, on ne modifie pas la vie elle-même, mais plutôt le vivant. Je ne vois pas d'objections insurmontables à la modification du vivant, mais cela demande une réflexion sur les conséquences.

« La question à se poser en est une d'éthique de la responsabilité. Il faut d'abord mesurer les risques sur le plan des conséquences biologiques. Mais il faut aussi s'interroger sur la responsabilité de l'humain dans l'Univers. En modifiant les formes du vivant, l'humain risque de développer une attitude utilitaire, de voir l'Univers comme une boîte de bricolage. C'est dangereux : on risque non seulement de perdre un certain respect de l'animal, mais également d'en perdre beaucoup sur le plan culturel. L'humanité, c'est un certain rapport entre nous et la nature. Si notre vision de la nature et de l'Univers change, cela peut se répercuter jusque dans nos rapports entre humains.

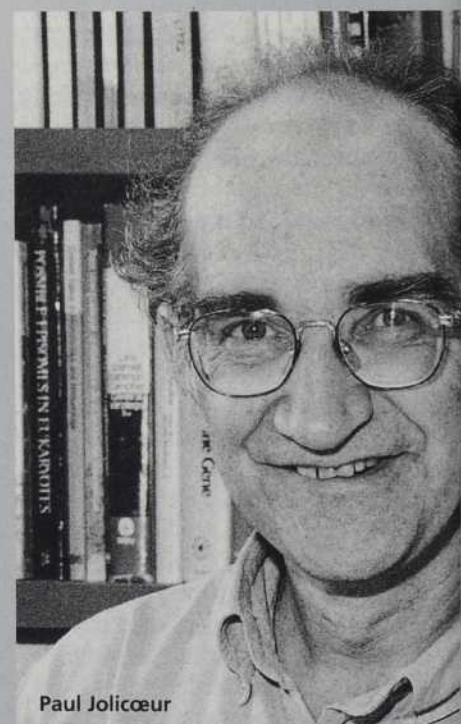
« Une autre question importante à se poser, c'est de savoir si les manipulations génétiques sont vraiment au service de l'humanité ou si elles sont au service des multinationales. Une société démocratique devrait être capable de formuler elle-même ses priorités en étant bien informée. Et cela, c'est le travail des médias : je renvoie donc la balle dans votre camp ! »

Paul Jolicœur

Chercheur à l'Institut de recherches cliniques de Montréal

« Il n'y a pas une grosse différence entre la transgénèse et les croisements que l'homme fait depuis très longtemps. Je pense donc que c'est acceptable de modifier la vie, du moins dans notre culture de tradition judéo-chrétienne. La place que l'homme occupe par rapport à l'animal dans la nature lui donne ce droit.

« Comme pour bien d'autres choses — l'utilisation d'un couteau, par exemple —, il faut déterminer les limites à ne pas franchir. Les couteaux ne sont pas interdits parce qu'ils sont bien pratiques pour couper de la viande. Mais, socialement, on se donne une limite, celle de ne pas égorger



Paul Jolicœur

son voisin. C'est la même chose en génétique : les techniques mises au point actuellement nous donnent la possibilité de pouvoir un jour guérir des maladies, mais il faut établir certaines limites.

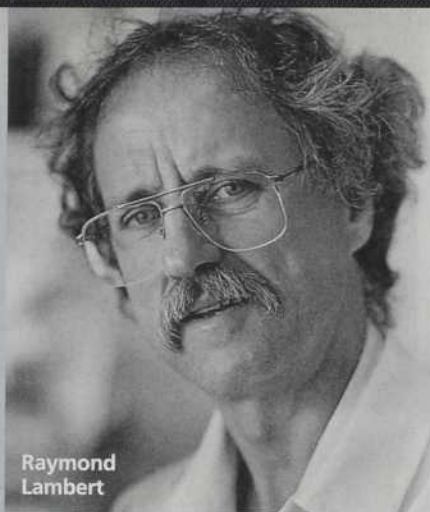
« La limite à ne pas franchir, selon moi, c'est la modification du génome humain. C'est maintenant à la portée de la main : on pourrait guérir à la source une mutation génétique héréditaire en modifiant les cellules germinales et soigner ainsi une famille entière. Mais cette intervention vient toucher au génome humain, ce qui est beaucoup plus délicat que bien des interventions pourtant très puissantes qui sont déjà pratiquées sur l'humain, comme les opérations, les transplantations, etc. »

Raymond Lambert

Chercheur au Centre de recherche en biologie de la reproduction et professeur d'obstétrique à l'Université Laval

« La fabrication d'animaux transgéniques est acceptable. Mais je suis plutôt sympathique à l'idée de limiter leur utilisation. Pour relever notre respect envers eux, mais surtout parce que cela implique un plus grand respect de l'humain. En effet, avant d'interdire l'expérimentation sur les animaux, il faudra s'assurer que tous les humains sont égaux. On oublie que, dans notre société, beaucoup de gens n'ont même pas la protection que certains voudraient accorder aux animaux.

« Cela demande un formidable changement de mentalité, mais c'est possible. L'être humain a connu une évolution posi-



Raymond Lambert

Michel Bourassa/Université Laval

tive et libératrice depuis les débuts de l'humanité : il n'y a plus d'esclaves, les femmes ont acquis des droits, les parents n'ont plus droit de vie ou de mort sur leurs enfants comme dans la Grèce antique.

« Par ailleurs, je crois qu'il faudrait davantage s'inquiéter des plantes transgéniques que des animaux. En effet, il est beaucoup plus facile d'en perdre le contrôle — la plante transgénique contamine les autres aussitôt que son pollen les fertilise. Imaginez le risque qu'on court si une plante transgénique transmet son bagage génétique à toutes les autres. » ●

Une carrière prometteuse en Biotechnologie alimentaire

Une solide formation
scientifique menant
à une carrière
dans les secteurs :

- agro-alimentaire
- produits de la mer
- recherche universitaire
- fonction publique

Le Baccalauréat en
sciences et technologie
des aliments (biotechnologie)
offre des cours :

- de formation en sciences
- en technologie et biotechnologie alimentaire, ainsi qu'en nutrition
- de formation générale

Les personnes diplômées travailleront dans les domaines :

- du contrôle de la qualité
- de l'hygiène et de la salubrité des usines
- des procédés industriels
- de la recherche et développement
- de l'inspection alimentaire
- de la consultation
- du développement international
- de l'industrie alimentaire



UNIVERSITÉ
DE MONCTON

Un accent
sur le savoir

Edmundston Moncton Shippagan

Nouveau-Brunswick, CANADA

1-800-363-UdeM (8336)
www.umoncton.ca

Bioterrorisme

Sommes-nous

prêts ?

Les grands États ont conçu les armes bactériologiques. Les plus petits ont copié la recette. Les terroristes l'ont volée. Qui sait ce qui nous attend ?

par Marc Thibodeau

Montréal, le 4 mars 1998. La police reçoit un communiqué dans lequel on menace de faire exploser une bombe biologique à la station de métro Beaubien. Quelques semaines plus tard, un deuxième communiqué, signé par un groupe terroriste cette fois, annonce que des paquets contenant des « produits chimiques ou bactériologiques » sont placés à des endroits stratégiques dans la métropole.

La police multiplie les vérifications et organise une rencontre avec les services d'urgence. Une demi-douzaine d'hôpitaux sont mis en état d'alerte, et des milliers de doses d'antidote au sarin, ce redoutable agent neurotoxique, sont achetées en catastrophe. Les techniciens ambulanciers se tiennent prêts à intervenir.

Fausse alerte. Après enquête, les policiers concluent... qu'il n'y a jamais eu de menace. Mais une question demeure : faut-il vraiment craindre un attentat chimique ou biologique à Montréal ?

Ron Purver, analyste stratégique au Service canadien du renseignement de sécurité (SCRS), à Ottawa, croit que la métropole québécoise, comme toutes les grandes villes nord-américaines, pourrait être une cible potentielle des terroristes. « Le risque est réel, et c'est un risque qui va croissant », dit-il.

C'est pourquoi on se prépare au pire. En Alberta, une soixantaine de membres du Centre de recherche pour la défense Suffield (CRDS), qui relève de la Défense nationale, travaillent à l'élaboration de produits pour contrer l'action de ces armes.

On travaille aussi à la conception d'un appareil mobile qui permettra de prélever un échantillon d'air et d'identifier les agents chimiques et biologiques en quelques secondes. « Il est déjà efficace pour l'analyse des produits chimiques, note le chimiste responsable Cam Boulet, qui espère livrer l'appareil aux Forces armées canadiennes d'ici deux ans. Par contre, il n'existe pas, à l'heure actuelle, de système performant pour détecter les agents biologiques. » L'absence de caractéristiques communes à tous les agents existants et leur grande diversité constituent de sérieux obstacles à la mise au point d'un détecteur vraiment efficace.

Bill Kournikakis, microbiologiste responsable des mesures médicales préventives et thérapeutiques au CRDS, tente pour sa part de créer des vaccins et des antidotes. « Nous avons déjà plusieurs produits nous permettant de faire face à des attentats, mais nous cherchons à les améliorer tout en élargissant la gamme », dit-il.

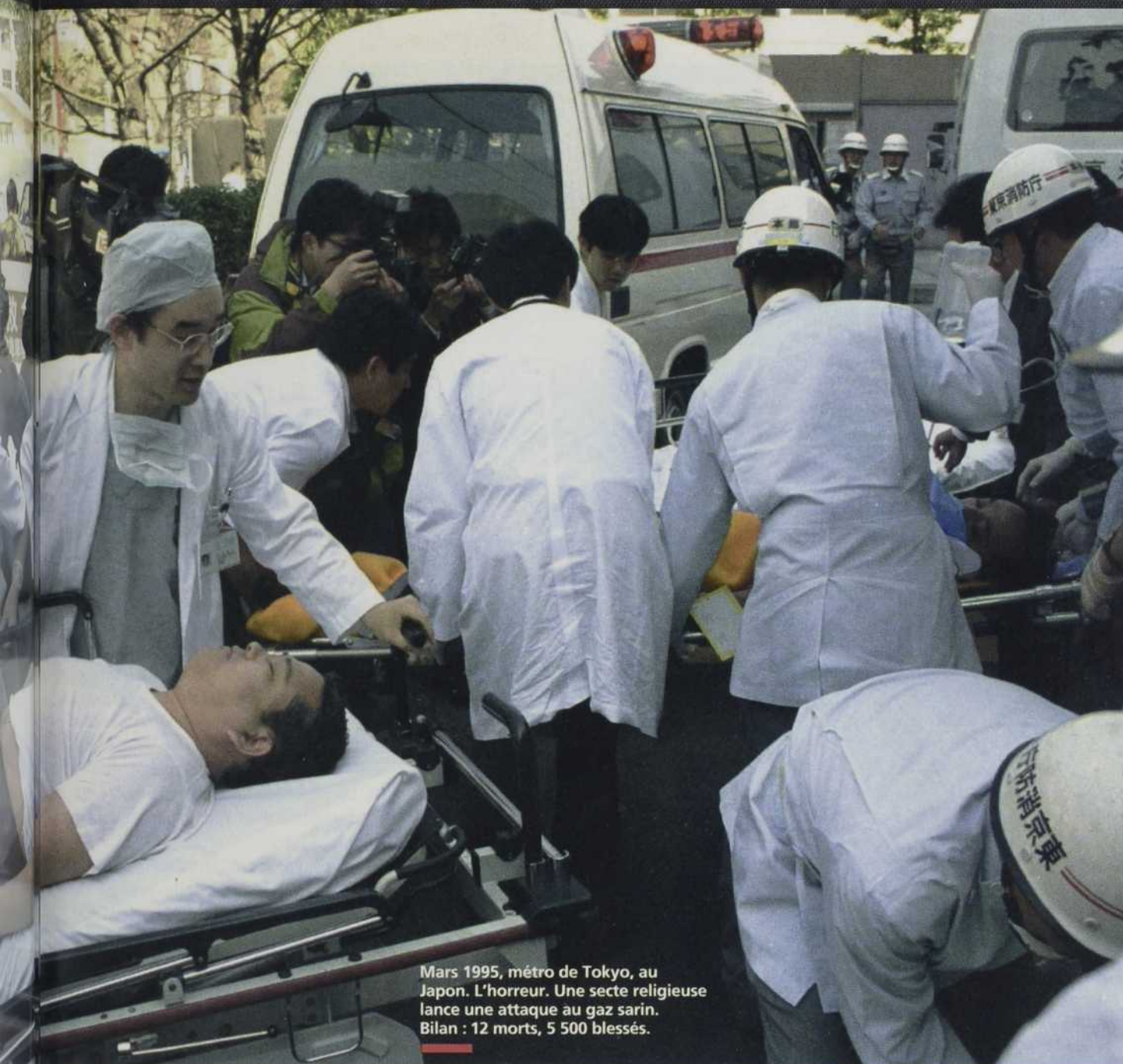
Ainsi, pour neutraliser les agents comme le sarin et le VX, qui stimulent

anormalement le système nerveux, les chercheurs mettent au point des produits inhibiteurs, comme l'atropine, un alcaloïde extrait d'une plante vénéneuse, la belladone. Et pour le bacille du charbon (anthrax), il existe un vaccin conventionnel relativement efficace. Certains antibiotiques permettent aussi de contrer efficacement son action lorsque l'infection survient.

En théorie, on maîtrise donc le problème. Mais, dans les faits, les conséquences d'un acte terroriste pourraient prendre des proportions inquiétantes. « Bien des établissements de santé ne possèdent que de faibles quantités d'antidotes, explique Bill Kournikakis. Qu'arrivera-t-il si des milliers de personnes doivent soudain être traitées ? »



Canapress



Mars 1995, métro de Tokyo, au Japon. L'horreur. Une secte religieuse lance une attaque au gaz sarin. Bilan : 12 morts, 5 500 blessés.

C'est pour éviter pareil désastre que des centaines de villes se préparent activement en vue d'un attentat. Et Montréal ne fait pas exception à la règle.

Il est cependant difficile d'évaluer le niveau de préparation réel de la métropole puisque les organismes responsables des mesures d'urgence craignent d'ébruiter des détails susceptibles d'être utilisés par d'éventuels terroristes. Ce n'est donc qu'au prix d'appels répétés que *Québec Science* a pu obtenir des entrevues avec des représentants d'Urgences Santé et du Service de prévention des incendies de Montréal (SPIM). Le Service de police de la Communauté urbaine de Montréal (SPCUM) a, quant à lui, tout simplement refusé d'aborder la question.

Le coordonnateur des mesures d'urgence à la Régie régionale de la santé et des services sociaux de Montréal, Jacques Grégoire, reconnaît que la fausse alerte au gaz sarin de mars dernier a servi de catalyseur. « On pensait que ces choses-là ne pouvaient pas arriver chez nous. Il y a eu une prise de conscience. »

La Régie évalue actuellement les mesures à prendre pour préparer les hôpitaux à accueillir les victimes d'un attentat. On cherche notamment à déterminer comment éviter la contamination. On veut également dresser une liste des agents les plus susceptibles d'être utilisés pour constituer des stocks d'antidotes ou pour être en mesure de s'en procurer rapidement.

Urgences Santé prépare aussi son personnel. Récemment, des membres du ser-

vice ambulancier ont participé, en compagnie de policiers du SPCUM, à des cours de formation sur le terrorisme dans une institution spécialisée au New Hampshire.

Selon le docteur Douglas Watzenberg, directeur des services professionnels d'Urgences Santé, les techniciens devront éviter de se précipiter sur les lieux d'un attentat et de s'exposer à leur tour. « Les secouristes ne doivent pas devenir des victimes. »

Quant aux pompiers, qui sont normalement des combattants de première ligne, ils sont prêts à intervenir, croit Michel Grégoire, responsable de l'organisation des services d'urgence. « Nous avons toute une panoplie de détecteurs », soutient le porte-parole... qui semble faire peu de cas du commentaire de Cam Boulet, du CRDS, sur

le fait qu'il n'existe pas, à l'heure actuelle, de détecteur biologique vraiment efficace.

En cas d'attentat, les autorités locales seront appuyées par une escouade spécialisée de l'armée canadienne et de la Gendarmerie royale du Canada, l'Équipe mixte d'intervention en cas d'urgence biologique et chimique (EMIUBC). Cette équipe, qui dispose des technologies mises au point par le CRDS, est spécialement formée pour faciliter l'évacuation des victimes, confiner l'agent actif dans un périmètre restreint, décontaminer les lieux et relever les indices nécessaires pour amorcer l'enquête criminelle.

L'inspecteur Richard Shaddick, de la GRC, indique qu'il y a des spécialistes formés par l'EMIUBC dans toutes les villes du pays, incluant Montréal. « En quelques mi-

nutes, ils peuvent être sur les lieux. Notre unité, basée en Ontario, sera sur place deux heures plus tard. »

Mais est-il véritablement possible de circonscrire, voire d'éliminer cette menace ?

Ron Purver, du SCRS, rappelle que bien des secrets militaires sont maintenant évanescents et que la technologie nécessaire pour fabriquer des armes chimiques et biologiques est plus accessible que jamais.

L'URSS, qui finançait un ambitieux programme de recherche en vue d'un éventuel conflit chimique ou biologique, a mis à pied des centaines de chercheurs. Où sont-ils aujourd'hui ? « Personne ne le sait exactement », indiquait récemment à l'hebdomadaire américain *The New Yorker* le

chercheur Ken Alibek, qui chapeautait le programme de développement d'armes biologiques de l'URSS avant d'émigrer aux États-Unis, en 1992. Selon lui, les pays soupçonnés de faire des recherches dans ce domaine, comme l'Irak, la Libye et la Chine, pourraient très bien avoir fait appel à leurs services.

L'usage de telles armes est une nouvelle tendance en matière de terrorisme, et elle pourrait devenir très populaire, explique Ron Purver. Par exemple, l'attentat au gaz sarin dans le métro de Tokyo, perpétré par des membres de la secte Aum Shinri Kyo, a fait 12 morts et plus de 5 500 blessés en mars 1995. « Leur action risque d'inspirer d'autres groupes. Un seuil psychologique a été franchi. »

Les armes chimiques et biologiques offrent de nombreux avantages aux terroristes, notamment leur pouvoir destructeur. Robert Kupperman, ancien chercheur de l'Arms Control and Disarmament Agency, aux États-Unis, estime qu'un attentat biologique pourrait être plus dévastateur qu'une importante explosion nucléaire. Un autre organisme américain, l'Office of Technology Assessment, a même simulé une attaque aérienne sur Washington au cours de laquelle des terroristes lâchaient 100 kilogrammes de spores de bacille du charbon sur la ville. Bilan : plus de trois millions de victimes.

Mais comment des terroristes pourraient-ils mettre la main sur de telles armes ? Ce n'est pas nécessairement très difficile...

Par exemple, le brevet contenant la formule du VX, l'un des plus puissants agents neurotoxiques, est accessible en Angleterre et aux États-Unis depuis 1971. D'autres « recettes » de produits dévastateurs sont d'ailleurs disponibles dans des bibliothèques publiques. Une publication de l'Institut de recherche sur les forces armées de Suède décrit même la façon de lancer une attaque au gaz, en précisant les formules pour calculer la vitesse du vent et les concentrations mortelles de l'agent.

Il suffit parfois d'un peu de savoir-faire et d'ingéniosité pour parvenir à ses fins. Le bacille du charbon, souligne Bill Kournikakis, du CRDS, peut être trouvé dans les carcasses d'animaux contaminés. « Si des terroristes mettent la main sur un animal tué par la bactérie — ce qui n'est pas si simple, heureusement... —, ils peuvent réussir à l'isoler. » Le gourou de la secte Aum, qui voulait se doter d'un véritable arsenal biologique, avait ainsi mené une expédition au Zaïre au début des années 90 dans l'espoir de ramener le virus Ebola !



Un vieux truc pour détecter le gaz sarin : le canari. Aux premiers instants d'une attaque, l'oiseau meurt, déclenchant ainsi l'alerte. Un système pratique lors de descentes policières dans des refuges de terroristes soupçonnés de détenir cette arme chimique.

L'arsenal des bioterroristes

Une vaste gamme d'agents chimiques et biologiques sont susceptibles d'être utilisés par des terroristes.

Le **bacille du charbon**, ou **anthrax**, est une bactérie qui peut s'introduire dans le corps humain par voie cutanée, digestive ou respiratoire. C'est l'une des armes les plus redoutables. Selon Bill Kournikakis, du Centre de recherches pour la défense Suffield, l'infection respiratoire, si elle n'est pas traitée, est mortelle à tout coup. La période d'incubation est de 1 à 5 jours.

La bactérie, qui peut se transformer en spore pour résister à un environnement peu favorable, sécrète, une fois dans l'organisme, une toxine qui affecte la perméabilité vasculaire entraînant la suffocation et la mort. Les spores, très résistantes, peuvent survivre durant des années dans la terre et dans l'eau.

Le **bacille de la peste pulmonaire**, qui ne forme pas de spores, agit d'une manière similaire. Son pouvoir contaminant est cependant beaucoup plus élevé. « Il suffit de 8 à 10 bactéries dans les poumons pour qu'il y ait infection, ce qui favorise ensuite la contamination d'une personne à l'autre », explique le chercheur.

La **toxine botulique** est pour sa part un puissant poison. Les personnes contaminées qui ne sont pas traitées à temps meurent étouffées lorsque la toxine bloque la respiration en agissant sur le système nerveux. La bactérie qui la sécrète ne peut se reproduire dans l'organisme humain. Seule la toxine, qui peut être ingérée accidentellement en consommant de la nourriture avariée, représente un risque.

Les agents neurotoxiques, comme le **sarin** et le **VX**, perturbent le fonctionnement du système nerveux en favorisant une concentration anormale d'acétylcholine, un produit du métabolisme des cellules nerveuses. Ces agents, qui peuvent s'introduire par voie cutanée ou respiratoire, ont un effet immédiat. Une dose critique de sarin peut entraîner la mort par étouffement en moins de 10 minutes.



Le docteur Steven Hatfill, chercheur à l'Institut national américain de la santé, a démontré récemment qu'il était possible de fabriquer dans sa propre cuisine une grande quantité de bacilles de la peste après en avoir récupéré quelques souches dans la nature.

Les terroristes peuvent aussi tenter d'obtenir les agents biologiques auprès d'entreprises qui vendent des micro-

Comment les terroristes pourraient-ils mettre la main sur des armes bactériologiques ou chimiques ? Ce n'est pas nécessairement difficile, croient les autorités.

organismes aux établissements de médecine et de recherche. En 1995, un membre de l'organisation suprématiste Aryan Nations, Larry Harris, a presque réussi à obtenir des souches du bacille de la peste

de l'American Type Culture Collection (ATCC), le plus important fournisseur de micro-organismes aux États-Unis. C'est un appel impatient de sa part, juste au moment où la commande allait être envoyée, qui a mis la puce à l'oreille des autorités...

En dépit de tout cela, on recense peu de cas où des terroristes sont véritablement passés aux actes.

Au Canada, le seul événement troublant en matière de terrorisme chimique ou biologique, selon Ron Purver, du SCRS, est survenu le 18 avril 1993 lorsque des douaniers ont découvert, dans le véhicule d'un Américain proche des groupes suprématistes blancs, un flacon contenant 150 grammes de ricin. Aucun antidote n'existe contre cette puissante substance, extraite de graines toxiques, qui peut causer un empoisonnement du sang. Le suspect, Thomas Lavy, qui tentait d'entrer au Canada par la frontière de l'Alaska, a été arrêté... puis relâché. Le produit a été détruit.

Depuis, c'est le calme plat. Et les autorités, tout en multipliant les préparatifs, se croisent les doigts. « Nous n'avons jamais eu à intervenir dans une situation réelle et nous espérons que ça ne changera pas », conclut l'inspecteur Richard Shaddick, de la GRC. ●



première chaîne

Radio-Canada

radio

Québec

Science

3^e débat public Radio-Canada/Québec Science

La révolution génétique

Avons-nous le droit de manipuler les plantes, les animaux et l'homme ?

Plantes et aliments transgéniques, animaux génétiquement modifiés en laboratoire, bactéries porteuses d'un gène humain pour fabriquer des médicaments, clonage de mammifères adultes, greffes d'organes d'animaux chez l'humain, thérapie génique... La révolution génétique déferle comme une vague de fond, porteuse à la fois de promesses et de peurs. Avec les biotechnologies et le génie génétique, la médecine et l'agriculture sont en train de changer radicalement. Pour le meilleur ou pour le pire ? Notre rapport aux êtres vivants est en train de changer en profondeur. Jusqu'où pouvons-nous aller ? Et de quel droit ?

Diffusé à l'émission *Les Années-lumière* en direct du Musée de la Civilisation

85, rue Dalhousie, Québec

Le dimanche 1^{er} novembre 1998, 12 h - 14 h

Entrée libre. Réservations : (418) 643-2158

En voie de disparition

Le Québec est la seule province canadienne qui n'a pas de musée pour ses collections scientifiques. Ni de responsable pour les protéger. Ni de politique précise à ce sujet. Ni même, dans bien des cas, d'endroit sécuritaire où les entreposer...

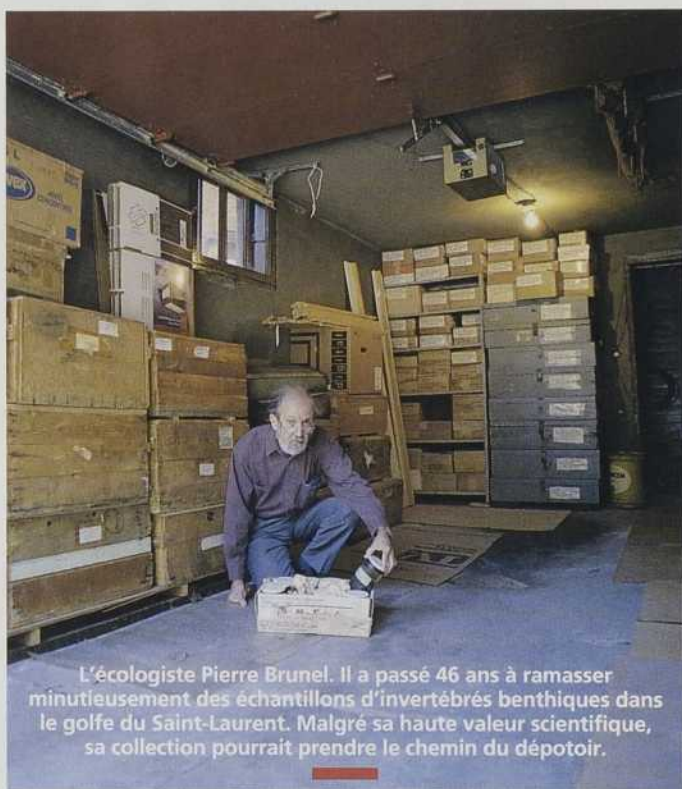
par Michel Carignan

Plusieurs de nos collections scientifiques sont orphelines. Ceux qui les ont mises sur pied ont disparu et, faute de ressources financières, ces collections sont souvent condamnées à l'itinérance. Trimbalées de sous-sol en entrepôt, elles finissent par tomber dans l'oubli ou, pire, elles terminent leurs jours... dans les poubelles !

« L'indignation de ne pas avoir de Musée provincial des sciences naturelles m'animerait jusqu'à la fin de ma vie ! » s'exclame l'écologiste Pierre Brunel. Ce professeur de l'Université de Montréal a passé 46 ans à récolter des échantillons d'invertébrés benthiques originaires du golfe du Saint-Laurent. Des données précises accompagnent chaque prélèvement : la position géographique, la profondeur, l'habitat, la température de l'eau, la date, etc. Des milliers d'heures de travail. De travail perdu ? « Avant d'abandonner ma collection, je vais tout tenter pour sauver les meubles », promet-il. Mais la tâche ne sera pas facile.

Sans statut particulier, ni fonds de recherche pour en assurer l'entretien, sa collection risque, comme les autres, de connaître un mauvais sort lorsque l'écologiste prendra sa retraite. Elle est pourtant unique en son genre. « Les invertébrés benthiques du golfe du Saint-Laurent représentent à eux seuls 84 % de la biodiversité de ce fragile écosystème », explique le chercheur.

L'absence de reconnaissance officielle et, en conséquence, de



L'écologiste Pierre Brunel. Il a passé 46 ans à ramasser minutieusement des échantillons d'invertébrés benthiques dans le golfe du Saint-Laurent. Malgré sa haute valeur scientifique, sa collection pourrait prendre le chemin du dépotoir.

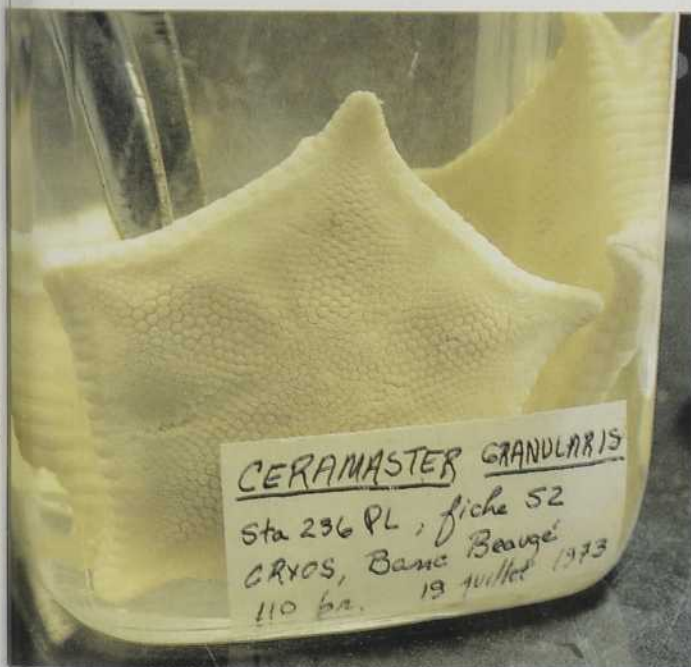
soutien financier, est la pire menace pour nos collections scientifiques. Lorsqu'il s'agit de matériaux vivants — plantes, insectes ou animaux naturalisés —, le manque de soins a tôt fait de les détruire. En fait, quelques années suffisent à endommager du matériel biologique récolté à grands frais. « Les collections abandonnées dans des greniers ou des caves sont en danger », affirme Sylvie Toupin, conservatrice des collections scientifiques au Musée de la Civilisation, à Québec.

Les histoires d'horreur ne sont pas rares. L'herbier Rolland-Germain, de l'Université de Sherbrooke, qui comprend 240 000 spécimens — c'est le troisième en importance au Québec —, est un cas éloquent. « On trouve en Estrie des plantes qui ne poussent que dans cette région, explique Luc Brouillet, conservateur de l'herbier Marie-Victorin. Par exemple, une espèce de fougère qui croît sur des massifs de serpentine, le minerai d'où on extrait l'amiante. » Il y a cinq ans, faute d'espace, l'herbier a dû être relégué dans un entrepôt de l'Université en attendant des jours meilleurs...

Charles Farrar, ex-directeur du musée du Séminaire de Sherbrooke, est conscient du problème. « Seulement 10 % des musées québécois sont accrédités, et même ceux qui le sont ont des difficultés à conserver les collections ! Parfois, on réussit à récupérer les collections de sciences naturelles de petits musées, mais elles sont souvent dans un état lamentable. » Selon lui, d'ici cinq



Échantillons de plusieurs spécimens de petits crustacés du golfe du Saint-Laurent, qui attendent d'être rangés dans la collection, lorsqu'on aura du temps... ou du personnel. Ci-dessous, une étoile de mer de profondeur, *Ceramaster granularis*. Il est très rare d'en capturer au Québec.



ans, un grand nombre de petites collections encore dispersées au Québec seront détruites.

Charles Farrar en a vu de toutes les couleurs pendant les 18 années qu'il était en poste. Comme cette collection d'exposition entreposée dans une école désaffectée de Montréal qu'on s'appretait à raser. « Le sous-sol avait été inondé, et plus de la moitié de cette collection en sciences naturelles était bouffée par des bibittes, des pigeons et des rats... On a quand même réussi à sauver 1 500 oiseaux et 2 500 insectes. »

Lors d'une autre opération de sauvetage, le directeur du Séminaire a découvert cinq gros fichiers contenant des fiches de spécimens provenant de collections du Québec et de la Commission des écoles catholiques de Montréal sur un tas de vidanges appartenant... au ministère de la Culture ! « Cela illustre tout l'intérêt que le gouvernement porte aux collections scientifiques ! » conclut-il.

Le manque de responsables pour veiller à nos trésors — ils ne sont qu'une dizaine au Québec — n'est pas sans conséquence. Plus de 85 % des collections de recherche en sciences naturelles sont détenues par des universités, et seuls ceux qui les ont créées en connaissent le contenu.

On ne possède aucun inventaire précis de ce que contiennent nos collections, s'indigne Hélène Pagé, présidente de la Société des musées québécois (SMQ). Jusqu'à maintenant, deux inventaires quantitatifs ont été effectués, le premier par la muséologue Nicole Lemay, en 1990, et un deuxième, pancanadien celui-là, mais

restreint aux collections zoologiques, par la Société des zoologistes canadiens en 1994. Pierre Brunel, de l'Université de Montréal, qui représentait le Québec, y a ajouté les principales collections botaniques. Au Québec, le ministère de la Culture et des Communications et la Société des musées québécois ont entrepris en janvier dernier une démarche semblable.

Fernand Seguin, chercheur et vulgarisateur bien connu, a été le premier à réclamer un musée des sciences à fonction d'exposition... il y a 20 ans. On a bien tenté plusieurs fois d'en mettre un sur pied, mais sans succès. Pierre Béland, un ancien du ministère de l'Enseignement des Sciences et de la Technologie, a failli réussir en 1995. Son projet s'appuyait sur 19 études réalisées au coût de 2 millions de dollars. « Le projet avait le feu vert du Comité des priorités, celui du Conseil des ministres et l'appui du fédéral... mais Jacques Parizeau a démissionné un mois trop tôt ! »

Cette situation a de quoi étonner. Les montants importants investis dans l'Insectarium, le Biodôme, la Biosphère, le Musée de la Civilisation, le Musée du Québec et celui de la Pointe-à-Callière laissent plutôt croire que les institutions muséales ont le vent dans les voiles. Par contre, il n'y a presque pas de fonds pour les collections scientifiques de recherche. « Ça n'attire pas les foules, explique Pierre Brunel. Pourtant, c'est la seule façon d'échantillonner les milieux écologiques du passé. » De plus, ces collections fournissent des renseignements essentiels aux musées grand public.

Dans le domaine de la recherche patrimoniale, plusieurs de nos collections ont une grande valeur muséale. Par exemple, la désormais fameuse collection d'instruments dédiés à l'enseignement des sciences physiques est l'une des plus belles de l'Amérique du Nord.

« Les prêtres avaient acheté des meilleurs artisans anglais et français du XIX^e siècle à peu près tous les instruments de bonne qualité offerts sur le marché », rappelle Sylvie Toupin, du Musée de la Civilisation. Après avoir dormi pendant 50 ans sur les tablettes, ces richesses patrimoniales ont été sorties des greniers du Séminaire de Québec lors de la fusion, en 1995, du Musée de l'Amérique française avec le Musée de la Civilisation.

Pierre C. Pagé, écrivain et professeur à l'Université du Québec, a aussi découvert qu'un certain abbé Désilets, du Séminaire de Nicolet, figurait parmi les pionniers de la radio. En contact avec des chercheurs de Paris qui travaillaient à l'époque sur la télégraphie sans fil, l'abbé Désilets avait mis au point un mécanisme, conservé par le Musée de la Civilisation, émettant différentes notes de la gamme qui étaient reçues comme de la musique par le récepteur. Pour la première fois, on pouvait envoyer un message autre qu'un signe graphique, même si ce n'était pas encore la voix. Cette découverte scientifique a été diffusée en Europe, dans des journaux canadiens, aux États-Unis... mais personne n'en a fait mention au Québec. Lorsqu'on a transféré l'instrument du Séminaire de Nicolet au Musée de la Civilisation, la seule description qui l'accompagnait était la suivante : « Bricolage de l'abbé Désilets » !

Heureusement, certaines de nos collections ont une situation plus enviable. L'herbier Marie-Victorin, qui contient plus de 750 000 spécimens d'un peu partout dans le monde, est soutenu par une petite équipe formée de trois taxonomistes, dont un conservateur, Luc Brouillet, professeur à l'Institut de recherche en biologie végétale de l'Université de Montréal, et son assistant. Ces chercheurs participent à plusieurs projets d'envergure, notamment celui qui vise à identifier l'ensemble de la flore de l'Amérique du Nord. « Il ne faut pas voir une collection comme une bibliothèque passive qui s'empoussiére, explique le chercheur, mais plutôt comme un outil dynamique de recherche en même temps qu'un objet patrimonial. »

Luc Brouillet compare une collection de plantes à une banque de données où il est possible de puiser sans cesse de nouvelles informations. Imaginons qu'une plante disparue contienne une sub-

stance permettant de guérir une grave maladie : aujourd'hui, à partir d'un simple échantillon de plante séchée, il serait possible d'isoler cette substance et d'en faire éventuellement un médicament. « Le problème, c'est qu'on oublie le rôle essentiel d'une bonne documentation. Pour certains administrateurs, une collection, ce n'est qu'une dépense coûteuse parmi bien d'autres... »

Pour que les collections puissent reprendre de la vitalité, dit-il, il faudrait que l'on transfère une partie des informations qu'elles contiennent dans une banque de données. Cependant, saisir les données qui apparaissent sur une seule étiquette de spécimen coûte deux dollars. Pour l'herbier de Marie-Victorin, la facture grimperait à 1,5 million de dollars !

Malgré un budget restreint, Luc Brouillet parvient à héberger quelques collections orphelines. « Les Américains, eux, ont compris que la taille d'une collection n'est pas proportionnelle à son importance scientifique. Et que bien des informations détaillées

sur la biodiversité ne sont pas disponibles dans les grandes collections, mais dans les plus petites, d'origine régionale et locale. » Par exemple, ce sont les recherches effectuées sur des collections d'œufs d'oiseaux récoltés pendant deux décennies qui ont permis d'étudier les effets de l'insecticide DDT dans la chaîne alimentaire.

« La valeur la plus prometteuse des échantillons d'une collection de recherche est environnementale, explique Pierre Brunel. Et elle ne pourra qu'augmenter à mesure que les habitats et leurs communautés naturelles rétréciront ou se dégraderont. »

« On fait tout ce qu'on peut pour obtenir une politique muséale qui intègre la culture scientifique », insiste Hélène Pagé. La présidente de la SMQ a d'ailleurs invité, à l'automne 1997, les spécialistes en muséologie du Québec à unir leurs efforts. Et elle a réussi en partie du moins, puisqu'ils se sont tous ralliés à l'idée de constituer un réseau technique fonctionnel et bien structuré de la muséologie scientifique.

Pendant ce temps, une partie de la collection de Pierre Brunel est conservée — jusqu'à quand ? — dans une salle exiguë et surchauffée à l'Université de Montréal... et l'autre, chez lui, dans son garage ! ●



Luc Brouillet de l'Institut de recherche en biologie végétale. Il est l'un des rares conservateurs affectés à une collection scientifique.

Futur antérieur

L'Univers est à nous

LA SCIENCE PEUT TOUT EXPLIQUER, PENSAIENT LES SCIENTIFIQUES AUX DERNIÈRES HEURES DU XIX^e SIÈCLE. ON VOUS PRÉSENTE ICI LEUR VISION D'UN SIÈCLE NOUVEAU, LE XX^e, À LA MANIÈRE LYRIQUE ET UN PEU POMPEUSE DE L'ÉPOQUE. EN ACCOMPAGNEMENT : LES ILLUSTRATIONS D'UN FUTUROLOGUE AVANT L'HEURE, LE FRANÇAIS ALBERT ROBIDA.

PAR JEAN PETTIGREW¹

RECHERCHE EN COLLABORATION AVEC NORMAND MOLHANT²

À l'horloge immuable du temps, le premier coup annonçant l'arrivée d'un siècle nouveau a retenti. Profitant des dernières secondes du siècle qui les a vus naître et grandir, des hommes portent sur celui-ci un regard empli de nostalgie certes, mais surtout embué d'une fierté contagieuse : jamais l'Humanité n'a autant progressé qu'au cours des cent dernières années et, grâce au fantastique élan que ces hommes ont su amorcer, jamais les perspectives de progrès n'ont été si grandes que pour le siècle nouveau qui s'annonce, le XX^e !

Pour maints contemporains, ce XIX^e siècle aura été celui des grands triomphes de la raison et de l'esprit scientifique sur ces forteresses, jugées jusqu'alors inexpugnables, que constituaient les religions. En montrant de façon scientifique l'immensité de la durée qui sépare l'Homme des débuts de l'Univers, en développant une théorie de l'évolution des espèces culminant avec celle de l'Humanité, en prouvant par des observations minutieuses et une analyse mathématique rigoureuse que ni la Terre, ni le Soleil ne sont au centre de la Création, la science, et donc la raison, aura finalement vaincu l'ignorance et le mythe.



Mieux encore, ce XIX^e siècle aura été le témoin de la maturation de plusieurs champs de recherche : les mathématiques se sont mariées à l'expérimentation précise en physique, la théorie est enfin venue diriger l'expérimentation en chimie, et l'expérimentation contrôlée a prouvé sa valeur en biologie. Quant à l'enseignement, en ouvrant la porte à la recherche dans les universités alors même que journaux spécialisés et sociétés savantes favorisaient les communications entre chercheurs et que les congrès scientifiques nationaux et internationaux se multipliaient, il a transformé le scientifique en un véritable professionnel. De *hobby* réservé à quelques amateurs fortunés, la recherche est devenue une activité socialement organisée où rigueur des méthodes et étendue de l'érudition sont les seuls critères des savants !

De cette remarquable effervescence de l'esprit, la main créatrice a modelé des inventions qui changent la façon même de concevoir le progrès. Électricité, machine à vapeur, moteur à explosion, téléphone, chauffage central, train, aérostat, automobile, autant d'innovations dues à la science que son corollaire appliqué, l'industrialisation, va dé-

¹ JEAN PETTIGREW EST ÉDITEUR ET DIRECTEUR LITTÉRAIRE DES ÉDITIONS ALIRE, UNE MAISON D'ÉDITION QUÉBÉCOISE QUI SE SPÉCIALISE DANS LA PUBLICATION DES GENRES LITTÉRAIRES, C'EST-À-DIRE LE FANTASTIQUE, LA FANTASY ET LA SCIENCE-FICTION, MAIS AUSSI LE POLAR, L'ESPIONNAGE, L'HORREUR...

² NORMAND MOLHANT EST ÉCOSYSTÉMATIEN (ÉTUDE DE LA COMPLEXITÉ DES ÉCOSYSTÈMES ET DE L'INFORMATIQUE). IL SE DIT AUSSI PARTICULIÈREMENT FASCINÉ PAR LES ÉCOSYSTÈMES IMAGINAIRES, DONT CEUX DE LA SCIENCE-FICTION.



LE TÉLÉPHONOSCOPE : POUR AVOIR LE THÉÂTRE À LA MAISON...

ployer de façon encore plus prodigieuse au prochain siècle afin d'élever l'Humanité au-dessus des vicissitudes de la nature. Certains esprits audacieux ne pensent-ils pas que le XX^e siècle verra la domestication complète de la matière par l'Homme ?

Les travaux déjà accomplis afin de comprendre l'ensemble des mécanismes régissant l'Univers, de l'infiniment petit à l'infiniment grand, sont garants de cet optimisme.

En physique et en chimie, la maturation et l'unification d'un grand nombre de champs d'études a mené au grand concept d'énergie : la thermodynamique a uni les sciences de la chaleur et du travail (Carnot, Joule et Helmholtz), puis ouvert la porte à une théorie des transformations chimiques; il y a eu l'unification de l'électricité au magnétisme (Ørsted, Faraday et Kelvin), puis celle de l'électromagnétisme à la

lumière (Weber, puis Maxwell). Bref, les propriétés générales de la matière ont été successivement maîtrisées puis réunies en un tout cohérent.

En biologie, le conflit entre l'approche expérimentale et la philosophie naturelle a permis les progrès de la physiologie (Müller), de la théorie cellulaire (Schwann) et de la médecine scientifique (Pasteur).

En sciences naturelles, la découverte de l'immense durée du phénomène vivant sur la Terre et de l'évolution des espèces a alimenté une révolution philosophique qui a ouvert la porte à de nombreuses sciences naissantes, dites sociales, promises à de riches développements au XX^e siècle.

Cet optimisme atteint son apogée dans le magistral traité d'Henri Poincaré, *Les Méthodes nouvelles de la mécanique céleste* (1899). Cet ouvrage remarquable du célèbre mathématicien nous montre la voie pour le siècle futur : il ne reste plus aux savants qu'à explorer quelques derniers détails pour parachever notre compréhension du monde, puisque matière et énergie achèvent de nous révéler leurs secrets, puis-



...OU POUR PARLER À SA FEMME.

que les questions théoriques encore ouvertes sont de moins en moins nombreuses, et puisque les problèmes théoriquement insurmontables se révèlent solubles en pratique avec une précision arbitraire, tel le « problème des n corps », enfin maîtrisé par la méthode des perturbations, véritable triomphe du génie mathématique.

La rigueur mathématique et l'emploi précis de la mesure en expérimentation balaieront donc au XX^e siècle, une fois pour toutes, les superstitions du passé : le monde est compréhensible et maîtrisable, et l'instrument de cette compréhension et de cette maîtrise, grâce auquel l'Univers sera à nous, est la raison.



AÉRONEF OMNIBUS : QUAND LA CONQUÊTE DU CIEL FAISAIT RÊVER.

Influencés par le ton positiviste des milieux scientifiques, enthousiasmés par les progrès dus à l'industrialisation et libérés des diktats religieux, les esprits les plus effervescents sont animés d'un souffle nouveau et des écrits d'un genre inédit, dit anticipation scientifique, fleurissent. Certes, le plus connu de ces chantres de l'avenir, en France, se nomme Jules Verne. Depuis plus



MALHEUREUSEMENT, IL ÉTAIT ALORS DIFFICILE D'ANTICIPER LA PAIX.

Flammarion, astronome amateur et vulgarisateur réputé, il s'en tient à sa sphère d'intérêt en imaginant notamment, dans *La Fin du monde* (1893), les conséquences d'une collision entre la Terre et une comète de grande envergure.

Le Royaume-Uni et les États-Unis abritent eux aussi leurs esprits prospectifs. Certains, comme Edward Bellamy (*Cent ans après ou l'an 2000*, 1888) et William Morris (*Nouvelles de nulle part*, 1890), peignent le nouveau siècle sous des couleurs utopistes : pour l'un, la société à venir sera industrielle, hautement rationnelle et tournée vers le communautaire; pour l'autre, les inégalités et la pauvreté disparaîtront du monde futur grâce à l'industrialisation, dont les effets néfastes sur la classe ouvrière

de trente ans, ses « Voyages extraordinaires » dans les airs ou sous l'eau, au centre de la Terre ou sur la Lune témoignent tous d'un futur où science et raison mènent le monde. Plus critique — et plus imaginatif — que son célèbre compatriote face à cette science qui domine tout, Albert Robida, peintre et auteur, propose de superbes ouvrages illustrés, dont *Le XX^e siècle* (1883) qui renferme 250 illustrations montrant ce que sera le siècle prochain. Quant à Camille



IMAGE DE LA VIE URBAINE. CI-DESSOUS, LA COLLECTION AUTOMNE 1952 TELLE QU'IMAGINÉE 70 ANS PLUS TÔT.



auront été préalablement éradiqués. Plus pragmatique, le jeune H.-G. Wells anticipe et analyse, dans des essais d'une grande rationalité, les conséquences futures de la cohabitation de l'Homme et de la machine, ce qui ne l'empêche guère, dans ses anticipations romancées, de laisser libre cours à sa fertile imagination : dans *La Machine à explorer le temps* (1895), son héros explore le futur lointain d'une Humanité que la lutte des classes a scindée en deux races distinctes; dans *La Guerre des mondes* (1898), il postule une vie sur Mars (les « canaux » de la planète rouge ont été signalés en 1877 par Schiaparelli)... particulièrement intelligente et belliqueuse !

Tous ces écrivains seront sans nul doute glorifiés au siècle prochain pour leur remarquable sens prémonitoire. Car, en considérant cette raison et cette rigueur qui semblent si bien soutenir la science, il apparaît inéluctable que les progrès à venir



« LA FIN DES LIVRES » SELON ALBERT ROBIDA. LA POÉSIE, ON NE LA LIT PLUS, ON L'ÉCOUTE.



LA POLLUTION, DÉJÀ.

nous mèneront en droite ligne vers une maîtrise totale et complète de l'Univers. Au moment où retentit le douzième coup annonciateur du nouveau siècle, c'est cet espoir en des lendemains qui chantent que nous désirons transmettre à tous, soldats et politiciens compris. Un espoir que la science aura tôt fait de transformer en certitude... ●

Pour vous replonger dans l'esprit fin de siècle

Les Méthodes nouvelles de la mécanique céleste, par Henri Poincaré, G. Carré éditeur, en trois volumes (1892, 1893 et 1899).

Traité élémentaire de chimie générale et descriptive, par P. De Wilde, A.D. Mertens éditeur, en deux volumes (1897 et 1899).

Le Chemin des étoiles, par Constantin Eduardovich Tsiolkovsky, Éditions de Moscou, trad. 1958.

Le XX^e siècle, par Albert Robida, G. Decaux éditeur, 1883.

La Fin du monde, par Camille Flammarion, dans *Revue illustrée*, numéros 182 à 189, 1893.

Cent ans après ou l'an 2000, par Edward Bellamy, Éditions Dentu, trad. 1891.

Nouvelles de nulle part, par William Morris, Éditions Mouton, trad. 1957.

La Machine à explorer le temps, par H.-G. Wells, Éditions Mercure de France, trad. 1899.

La Guerre des mondes, par H.-G. Wells, Éditions Mercure de France, trad. 1900.

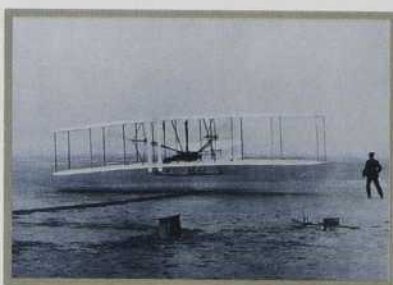
Vous pouvez aussi joindre l'Association des amis d'Albert Robida au 25, rue François Debergue - 78170 La Celle, Saint-Cloud, France

À compter du mois prochain, suivez la grande aventure scientifique du XX^e siècle dans Québec Science

Premier épisode : 1900-1909

EINSTEIN, PRODIGE ET REBELLE

Il a changé à jamais notre vision de l'Univers. Comment ce savant s'est inscrit dans notre imaginaire collectif.
par Annick Duchatel



ET POURTANT, IL VOLE !

Avec un petit avion — très simple mais ingénieusement construit —, les frères Wright réussissaient en 1903 le premier vol de l'histoire dans un appareil plus lourd que l'air. À partir de ce moment, la conquête du ciel connaîtra un essor vertigineux.

par Jean Benoît Nadeau

Les magazines



de vulgarisation



scientifique



Une mine d'or sur papier!

INFO-TECH MAGAZINE

Le magazine de l'informatique et de la technologie au service des utilisateurs et des décideurs québécois.

LES DÉBROUILLARDS

Reportages illustrés, B.D., expériences, jeux. Drôlement scientifique! Pour les 9-14 ans.

QUÉBEC SCIENCE

Les sciences et la technologie dans l'actualité, les grands enjeux de société et la vie quotidienne. L'abonnement inclut plusieurs suppléments thématiques, dont quatre suppléments Astronomie.

FRANC-VERT

Découvrez la nature et l'environnement... en beauté!

QUATRE-TEMPS

La botanique, l'horticulture, les sciences de la nature et de l'environnement.

QUÉBEC OISEAUX

Pour tout connaître sur nos oiseaux.

SPECTRE

Pour l'avancement de l'enseignement des sciences au Québec.

INTERFACE

Découvrez la science et la technologie et réfléchissez sur leurs enjeux sociaux et économiques. L'abonnement inclut le Bottin de la recherche.

L'ENJEU

Le magazine de l'éducation relative à l'environnement.

Enrichissez-vous en vous abonnant!

Nom _____ Prénom _____
 Adresse _____
 App. _____
 Ville _____ Province _____
 Code postal _____ Tél.: _____

Faites un chèque à l'ordre de chacun des magazines choisis et postez-le (les) à:
Agence Science-Press, 3995, rue Sainte-Catherine est, Montréal, Québec, H1W 2G7
 (S.V.P., un chèque pour chaque abonnement). Toutes les taxes sont incluses.

Veuillez m'abonner au(x) magazine(s) suivant(s) pour un an

- ☐ Les Débrouillards (30,94 \$) 10 nos
- ☐ Québec Science (37,60 \$) 10 nos
- ☐ Info-Tech (31,13 \$) 11 nos
- ☐ Franc-Vert (23,93 \$) 6 nos
- ☐ Interface (45,00 \$. Étudiants : 24,50 \$) 5 nos
- ☐ Quatre-Temps (28 \$) 4 nos
- ☐ Québec Oiseaux (16 \$) 4 nos
- ☐ Spectre (27,35 \$) 4 nos
- ☐ L'Enjeu (17 \$. Étudiants : 15 \$) 4 nos

par Raynald Pepin

Délices acides

On peut cuisiner avec des bactéries.
Et c'est même très bon...

Vers la fin de novembre, mon beau-frère m'envoie toujours un pot de choucroute, faite avec ses choux amoureusement cultivés. Avec quelques saucisses *knackwurst* préparées par une bonne charcuterie et une (ou plusieurs) bière, c'est un délice. Un délice acide, car la choucroute baigne dans l'acide lactique. C'est le cas de tous les aliments fermentés, une technique de conservation qui nous permet d'obtenir des produits particulièrement savoureux et aromatiques.

Mon beau-frère prépare sa choucroute de façon traditionnelle, en ajoutant du sel, environ 2 % en poids, à du chou émincé. Parce que les concentrations tendent à s'équilibrer par osmose, l'eau passe du chou, milieu d'abord peu concentré en sel, à l'extérieur, qui est salé : le chou baigne rapidement dans une solution salée, même si on n'a pas mis d'eau. Des bactéries sécrètent aussi de l'acide lactique. Après deux mois de fermentation, la choucroute contient environ 1 % d'acide lactique (comme le yogourt) et 0,3 % d'acide acétique (constituant du vinaigre), engendrant un pH d'environ 3,5, ce qui équivaut à celui d'un jus de fruits. C'est la combinaison sel et acides qui donne à la choucroute son goût si particulier.

La fermentation du chou est provoquée par des micro-organismes, à l'instar de beaucoup d'autres aliments. « On utilise des levures dans la fabrication du pain, du vin et de la bière, illustre Claude Champagne, microbiologiste au Centre de recherche et de développe-

ment en alimentation de Saint-Hyacinthe. Et ce sont des moisissures qui produisent la croûte blanche du camembert et les veines bleues du roquefort. D'ailleurs, les taches blanches apparaissant sur un fromage déballé sont des colonies de moisissures. Bien qu'elles ne soient géné-

ralement pas nocives, on recommande de les enlever avant la consommation. »

Mais les micro-organismes les plus exploités sont les bactéries. Elles sont d'ailleurs utilisées dans la fabrication des fromages, du yogourt, de certains saucissons secs et des légumes fermentés, comme la

choucroute, les olives et les cornichons. On parle ici de « bonnes » bactéries, telles que *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus* et *Leuconostoc*, qui sécrètent des acides lactique et acétique ainsi que des composés aromatiques. Ces bactéries sont microaérophiles, c'est-à-dire qu'elles préfèrent un milieu dépourvu d'air, mais elles tolèrent tout de même l'oxygène.

Les bactéries utilisées pour le yogourt, *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*, sécrètent aussi de l'acide lactique, mais elles agissent différemment : l'acide sécrété altère les protéines du lait et les amène à s'agglutiner, donnant au yogourt sa texture.

D'où sortent ces bactéries marmitons qui permettent de produire des aliments fermentés ? « Elles sont présentes dans l'écosystème et à la surface des légumes, et elles se multiplient si elles en ont l'occasion », explique Claude Champagne. Pour améliorer, accélérer et standardiser la production, on peut aussi faire fermenter les légumes avec des cultures de bactéries sélectionnées.

En ce qui concerne le chou, les bactéries lactiques constituent au départ moins de 0,1 % de la flore bactérienne totale. L'ajout d'une faible quantité de sel (2 %) inhibe le développement de plusieurs autres bactéries, souvent pathogènes, comme les salmonelles ou *Escherichia coli*, mais n'empêche pas la croissance des bactéries lactiques, plus « acidotolérantes ». Ces



Pierre-Paul Pariseau

dernières se nourrissent de sucres et produisent de l'acide lactique ($\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$) et de l'acide acétique (CH_3COOH).

« L'acidification du milieu nuit aux bactéries dangereuses, car celles-ci préfèrent un milieu de pH neutre, comme le sang, précise le microbiologiste. Les ions H^+ qui pénètrent dans les cellules inactivent les enzymes bactériennes. Avec l'augmentation de l'acidité, les bactéries lactiques vont également mourir, mais seulement après avoir occupé le terrain et écarté leurs concurrentes. »

Dans certaines choucroutes commerciales, on enlève le jus de fermentation et on le remplace par du vinaigre. « La solution est ainsi plus claire, ce qui plaît davantage aux consommateurs, dit Claude Champagne. Mais le goût diffère. »

Les olives subissent un traitement similaire à celui du chou. Quand elles sont cueillies, les olives sont vertes et dures. Et, contrairement à la majorité des fruits, elles ne mûrissent pas après la cueillette. Si on les laisse sur l'arbre, elles deviennent d'un vert brunâtre avant de passer au pourpre puis au noir. « Les olives noires ont soit mûri sur l'arbre, comme les Kalamata grecques, soit noirci par oxydation à l'air, comme les olives noires vendues en boîtes », explique Nicolas Nour, chimiste et gérant de production chez Nabisco, fabricant des olives Coronation.

Le Canada ne produit pas d'olives, mais les fabricants de produits alimentaires en importent des pays producteurs en grandes quantités. « Les olives que nous achetons proviennent généralement d'Espagne, dit Nicolas Nour. La fermentation, dans une saumure conte-

nant 8 % de sel, s'effectue là-bas. À la fin, la solution contient 0,8 % d'acide lactique et le pH est de 3,3. »

Les olives arrivent au Canada en barils. « On enlève la saumure de fermentation, on lave les olives et on les emballe dans une nouvelle saumure, plus claire, contenant la même quantité d'acide lactique que la saumure de fermentation. » Les olives farcies sont dénoyautées et remplies d'une pâte de piment doux broyé mêlée à de la gomme de guar qui stabilise la consistance de la pâte.

On ajoute aussi du sorbate de potassium, un composé qui existe naturellement dans quelques fruits et qui élimine les levures et moisissures. « Le sorbate de potassium n'agit qu'une fois le pot ouvert, quand l'air contenant des moisissures entre en contact avec le contenu du pot », précise Claude Champagne.

Les cornichons, faits à partir de petits concombres, sont aussi fermentés. Généralement, on ajoute du sorbate de potassium au début de la fermentation. « Sans cela, certains micro-organismes très actifs pourraient engendrer des poches de gaz dans les concombres, explique Nicolas Nour. Le sorbate de potassium élimine plusieurs indésirables et favorise *Lactobacillus plantarum*. » Ici aussi, on élimine la solution de fermentation et on la remplace par de l'eau, du sel et des épices. On ajoute également du vinaigre pour baisser le pH, ce qui améliore la conservation.

Plusieurs autres légumes peuvent être conservés par fermentation spontanée : carottes, choux-fleurs, navets, betteraves, oignons, haricots verts, poivrons... La prochaine fois que vous dégusterez une de ces petites gâteries, ayez une pensée pour les bactéries qui l'auront préparée ! ●

Dans le prochain numéro

La mémoire, cette faculté qui fabule



Notre cerveau peut-il nous faire croire des histoires ? Que nous avons été enlevés par des extraterrestres, par exemple ? Les psychologues s'interrogent de plus en plus sur ce phénomène que l'on appelle le syndrome des faux souvenirs.

par Philippe Chartier



Dopage sur la patinoire ?

Érythropoïétine, éphédrine... Avec les années, le langage des sports s'est enrichi du vocabulaire des pharmaciens. Dans les coulisses de notre sport national, les joueurs se laissent-ils tenter par ces drogues ?

par Mathieu-Robert Sauvé

Pas encore du verglas !

Devrait-on s'attendre cet hiver à une autre tempête de verglas, comme celle qui s'est abattue l'an dernier sur les régions de Montréal et de la Montérégie ? Si oui, comment Hydro-Québec et la Sécurité civile comptent-elles se préparer dès le premier avertissement de pluie verglaçante ?

par Philippe Gauthier



Le mercure s'emballa

Un peu partout au Québec, des stations météorologiques enregistrent des données intrigantes. À Blanc-Sablon, depuis 1990, on constate un réchauffement de 0,8 °C par année. À Kangisualuijuaq, on a des hivers plus froids et des étés plus chauds. À Rivière-Boniface, la température moyenne annuelle a grimpé de 2 °C en 10 ans. Signes d'un déséquilibre climatique ?

par Gilles Drouin

CyberSciences

CYBERSCIENCES La science et la technologie pour tous

Le premier service d'information scientifique et technique en français sur Internet.

- Les nouvelles quotidiennes
- La calendrier des événements
- Les grands dossiers
- La foire aux questions
- Québec Science en condensé
- La sélection de sites

www.cybersciences.com

le site Internet à visiter chaque jour pour s'informer et se documenter sur les technologies de l'information, l'espace, les biotechnologies, etc.

Les partenaires de CyberSciences :

**Microsoft
Mlink
Prosys**

CyberSciences est réalisé avec le support du Fonds de l'autoroute de l'information du gouvernement du Québec

Des chiffres et des jeux

par Jean-Marie Labrie

Jeu n° 53 Les nombres de Buffy

Monsieur Buffy Last a donné son nom à un type particulier de multiplications. Si on permute les deux chiffres du multiplicande et du multiplicateur, on obtient un produit dont les chiffres sont eux aussi inversés. Dans l'exemple suivant, $12 \times 31 = 372$ et $21 \times 13 = 273$, 12 et 31 sont des nombres de Buffy et 372 et 273 sont des produits de Buffy. Pouvez-vous trouver cinq autres multiplications qui ont la même propriété ?



Jeu n° 54 Lettres et facteurs

Soit les six équations suivantes :

- a $(b + c + d + e + f) = 295$
- b $(a + c + d + e + f) = 348$
- c $(a + b + d + e + f) = 448$
- d $(a + b + c + e + f) = 540$
- e $(a + b + c + d + f) = 735$
- f $(a + b + c + d + e) = 880$

Quelle est la valeur de chacune des lettres ?

Solutions d'octobre

Jeu n° 51 Des mots à soustraire

R	A	D	I	O	T	M	E
8	4	1	3	0	2	6	5
2	1	6	7	8	0	3	9

$$84\ 130 - 42\ 065 = 42\ 065$$

$$21\ 678 - 10\ 839 = 10\ 839$$

Jeu n° 52 Suites logiques avec restriction

- a) 58 (somme des 7 premiers nombres premiers)
- b) 61 $[1 + (1 \times 4) + (2 \times 4) + (3 \times 4) + (4 \times 4) + (5 \times 4)]$
- c) 1 000 (en base 2, $1 + 1 = 10$; $1 + 10 = 11$; $10 + 11 = 101$; $11 + 101 = 1\ 000$)
- d) p pour pouce [auriculaire (a), annulaire (a), majeur (m), index (i)]

Niveaux de difficulté

● : débutant ■ : intermédiaire ◆ : expert

Guichet unique

Les informaticiens rêvent d'un réseau universel. Jini, le dernier-né de Sun Microsystems, va peut-être exaucer leur souhait.

L'installation d'un modem, d'une imprimante ou même d'une simple souris tient parfois des travaux d'Hercule, votre ordinateur jouant le rôle de l'Hydre à sept têtes. Vous voulez brancher un nouveau périphérique ? Oups ! Vous n'avez pas le bon câble, il vous manque un adaptateur, vous avez égaré la disquette d'installation, certains pilotes de votre système d'exploitation demandent une mise à jour...

Ces désagréments seront peut-être bientôt choses du passé. Après le succès de son **Java** (1), un langage de programmation multiplate-forme fort populaire sur le Web, Sun Microsystems revient à la charge avec la « première plate-forme universelle ». Branchez n'importe quoi, n'importe où, n'importe quand : voilà le mot d'ordre de **Jini** (2, 3, 4). Conçue en langage Java, cette technologie permettra, dit-on, de relier n'importe quel appareil (même une caméra vidéo) à un réseau aussi facilement que l'on branche un téléphone dans une prise murale. Grâce à un petit programme de communication intégré de 48 kilo-octets et à une connexion Ethernet RJ-45, l'appareil sera instantanément reconnu par les autres « citoyens » du réseau dès qu'il s'y branchera.

Si on en croit les gourous de Sun, cette technologie devrait changer radicalement le mode de fonctionnement des réseaux. À l'heure actuelle, c'est à de puissants ordinateurs que revient habituellement la tâche de canaliser et de diriger les données entre les ordinateurs, imprimantes et autres



Rémy Simard

CyberRessources

- (1) Site officiel de Java
java.sun.com
- (2) Site officiel de Jini
java.sun.com/products/jini
- (3) FAQ sur Jini
java.sun.com/products/jini/faqs/
- (4) Wired - Entrevue avec Bill Joy, l'inventeur de Jini
www.wired.com/news/news/technology/story/13744.html
- (5) Wind River Systems
www.wrs.com/
- (6) Windows CE
www.microsoft.com/windowsce/default.asp

périphériques. Avec Jini, les ressources sont réparties dans le réseau. Une fois branchée, sans aucune configuration préalable, une imprimante « s'annoncera » et livrera quelques-unes de ses caractéristiques techniques, sa vitesse, sa réso-

lution, etc. Par la suite, n'importe quel ordinateur pourra l'utiliser. Bref, l'heure du « prêt-à-l'emploi » et du « réseautage spontané » a sonné !

En gestation depuis 1994, Jini doit être mis en marché d'ici la fin de 1998. Il offrira

toute une gamme d'outils, de l'infrastructure d'un réseau complet au petit programme permettant de brancher une lampe sur le réseau pour l'allumer ou l'éteindre à distance ! Comme Sun l'avait fait précédemment pour Java — et à l'instar de Linux et de Netscape —, la diffusion et l'utilisation de Jini seront gratuites.

Plusieurs gros canons de l'industrie, dont Canon, Epson, Ericsson, Mitsubishi, Novell, Quantum et Toshiba, ont déjà été gagnés par la technologie Jini. Il faut dire que les analystes prédisent que ce nouveau marché va croître de 250 millions à 2,3 milliards de dollars américains au cours des 3 prochaines années...

Évidemment, Jini n'est pas seul en lice. La société Wind River et son solide système d'exploitation **VxWorks** (5) — célèbre pour avoir permis à la sonde *Pathfinder* d'atterrir sur Mars — n'entend pas se laisser distancer. Pas plus que le géant de Redmond avec son **Windows CE** (6) (pour « Consumer Electronics »), la version allégée de Windows pour ordinateurs de poche que l'oncle Bill aimerait bien implanter dans tous les appareils électroniques en circulation.

Reste à tester la fiabilité de ces appareils avec puces intégrées qu'on dit « intelligents ». Mais les inventeurs de Jini sont confiants. À long terme, ils souhaitent paver la voie à un réseau universel. Ils rêvent de relier toutes les machines du monde pour former un immense système nerveux planétaire. « Une informatique organique et en perpétuelle évolution... », nous promet-on. ●

Le monde sera bio

Les biotechnologies vont changer nos vies. Le problème, selon Jeremy Rifkin, c'est qu'on ne s'interroge pas assez sur leurs conséquences.

par Karina Laberge

Si le XX^e siècle a été marqué par les percées en physique et en chimie, le XXI^e siècle, lui, sera celui des biotechnologies. Ce nouveau pouvoir de l'homme sur la nature et sur lui-même pourrait même déclencher une véritable révolution, croit l'économiste Jeremy Rifkin. Son livre, *Le siècle biotech*, vise donc un but précis : stimuler les discussions et les débats publics sur les enjeux sociaux de cette nouvelle discipline scientifique.

Dans cette optique, l'auteur dresse l'état des connaissances dans le domaine génétique, mais aussi — et surtout — il s'interroge sur les conséquences à long terme des biotechnologies. Par exemple, comme les transferts de gènes sont maintenant possibles entre des organismes de règnes distincts — un gène d'insecte sur une plante, un gène animal sur une bactérie, etc. —, la frontière entre les espèces n'existe plus; bientôt, nous ne serons plus des *homo sapiens* mais une succession de gènes, d'informations codées compatibles avec toutes les espèces vivantes. Est-ce à dire qu'il faudra revoir la conception même d'être humain ?

Plus concrètement, Jeremy Rifkin s'inquiète des utilisations futures de ces technologies. Elles permettent aujourd'hui d'isoler et d'identifier des gènes précis et de les recombiner de façon à créer des organismes nouveaux aux caractéristiques avantageuses. Avantageuses, bien sûr, quand il s'agit d'augmenter la pro-

ductivité agricole ou de sauver un bébé porteur d'une maladie génétique grave. Mais ces technologies sont-elles vraiment bénéfiques lorsque, à l'instar du nucléaire, on les utilise à des fins destructrices, en fabriquant des armes biologiques par exemple ?

Et que penser des fuites possibles d'organismes modifiés ? Ainsi, une bactérie créée pour digérer les fibres de bois des résidus de papiers causerait, en s'échappant dans la nature, des dommages très importants à la flore environnante, avance l'auteur. Des dommages irréversibles également, puisque la bactérie fugueuse pourrait, comme tous les êtres vivants, se reproduire et s'installer à long terme dans l'environnement.

En tant qu'économiste, Jeremy Rifkin n'oublie pas l'aspect financier de l'avenue génétique. Le marché du gène est lucratif, et bien des multinationales l'ont compris. Il est maintenant possible de breveter des séquences d'ADN. Les compagnies investissent, les chercheurs déchiffrent, et la biodiversité mondiale devient tranquillement une propriété privée. Après les terres, qui autrefois étaient considé-

rées comme un bien collectif, voici que même notre patrimoine génétique devient monnayable.

Et parmi les dangers économiques de la génétique, n'ou-

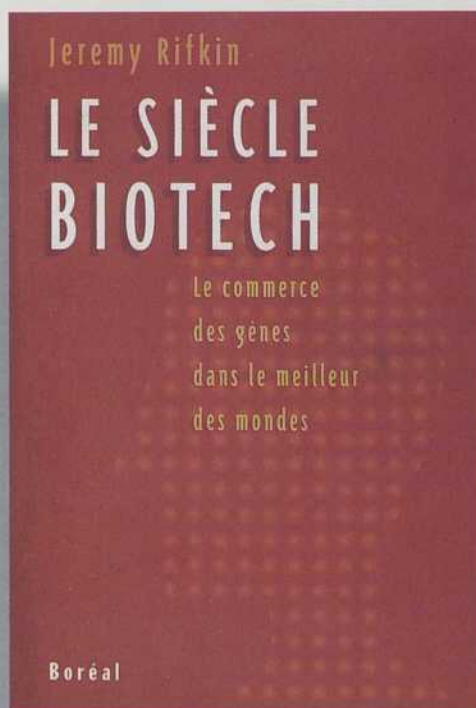
tance des gènes dans la détermination du comportement. Tel gène est associé à la timidité, tel autre prédispose à l'alcoolisme et tel autre encore incite à la violence. Ces études

minimisent l'importance de l'environnement et rendent les biotechnologies particulièrement alléchantes pour régler divers problèmes sociaux : inutile d'investir dans un programme de réhabilitation ou de prévention puisqu'on peut agir avant la naissance. Est-ce le début d'un nouvel eugénisme ?

Parmi les nombreux livres traitant de ce sujet, *Le siècle biotech* se distingue par ses multiples exemples et par ses comparaisons judicieuses. Mais aussi parce que l'auteur n'effectue pas qu'un simple survol, il tente d'anticiper les bouleversements plus profonds qui pourraient marquer le début d'une nouvelle ère : l'apparition des

biotechnologies est aussi déterminante que la découverte du feu ou l'invention de l'imprimerie. Que l'auteur soit un peu alarmiste, on lui pardonne, car il parvient à stimuler notre réflexion sur des questions fondamentales. ●

Le siècle biotech. Le commerce des gènes dans le meilleur des mondes, par Jeremy Rifkin. Boréal, 1998, 348 p., 29,95 \$.



blions pas celui que l'auteur soulève dans son livre précédent, *La fin du travail*. Avec la productivité croissante des plantes et des animaux de même que la fabrication de certains produits en laboratoire, le monde de l'agriculture risque d'exiger de moins en moins de personnel et de créer de plus en plus de chômeurs.

Autre sujet d'inquiétude : les études qui montrent l'impor-

**POUR LES
9-14 ans !**

**Économisez
20 P. cent
sur le prix
en kiosque !**

☐ Je ne désire pas que mon nom soit transmis à l'occasion à d'autres entreprises de qualité avec qui Les Débrouillards transigent à l'occasion.

Épidémies : l'éternelle menace

La découverte du phénomène de résistance aux antibiotiques a semé l'inquiétude à l'égard des maladies infectieuses dans les milieux hospitaliers, un sentiment qui s'est amplifié avec la progression du sida. Comment mener le nouveau combat contre ces maladies ? Aux premières lignes de cette bataille, le biologiste moléculaire Maxime Schwartz, directeur général de l'Institut Pasteur à Paris depuis 1988. *Québec Science* l'a rencontré à l'occasion de la création de la Fondation canadienne Louis-Pasteur à Montréal.

Québec Science : Comment peut-on expliquer la recrudescence des maladies infectieuses ?

Maxime Schwartz : Nous faisons face à un phénomène très intéressant du point de vue épidémiologique. Le progrès technique, les changements écologiques et l'évolution des modes de vie ont donné à d'anciens virus de nouvelles occasions d'infecter l'homme. Mentionnons la bactérie causant la légionellose, une maladie pulmonaire apparue aux États-Unis en 1976, qui s'est répandue par le biais des systèmes de climatisation des grands édifices. Au cours de la même période, l'explosion démographique des chevreuils et l'engouement pour le plein air ont provoqué une véritable épidémie de la maladie de Lyme, transmise à l'homme via le chevreuil, par le parasite d'une tique. C'est aussi le cas de la maladie de Creutzfeldt-Jakob ou maladie de la vache folle, qui a fait tant de bruit en

Europe. Les prions, responsables de la maladie, sont associés aux nouvelles préparations de farines animales, constituant une grande part de l'alimentation des bovins.

Q.S. : Pensez-vous qu'un jour on enrayera les maladies infectieuses ?

M.S. : Je crois qu'elles ne disparaîtront jamais. En 1881, Pasteur disait qu'il serait "fort invraisemblable que la nature ait, dans son évolution à travers les siècles passés, déjà rencontré toutes les occasions de maladies virulentes ou contagieuses". C'est une lutte permanente à laquelle il faut se livrer, et la seule issue est de maintenir un niveau suffisant de connaissances scientifiques afin, d'une part, de détecter rapidement l'émergence de nouvelles épidémies et, d'autre part, de s'armer convenablement contre leur expansion.

Q.S. : Faut-il néanmoins s'interroger devant la résurgence de certaines épidémies ?

M.S. : La réapparition de maladies comme la tuberculose est un phénomène très étonnant, puisqu'on la croyait quasi disparue. Les échanges avec les pays en voie de développement ont permis de constater qu'elle demeure la maladie la plus meurtrière : elle tue environ trois millions de personnes par année.

Le problème, c'est que le bacille de Koch, responsable de la tuberculose, devient pro-

gressivement résistant aux antibiotiques utilisés pour le combattre. Les résultats d'enquêtes sont alarmants. En Russie, par exemple, 40 % des souches isolées lors d'une première infection sont résistantes à au moins 1 des 4 antibiotiques habituellement utilisés.

Les technologies médicales doivent sans cesse s'adapter,

nées, les industries pharmaceutiques ont cessé de chercher de nouveaux antibiotiques, ce qui fait qu'aujourd'hui il n'y a pas assez de traitements. Cependant, les progrès récents en biologie moléculaire ont permis de mieux comprendre les différents constituants de la cellule vivante. On reprend donc le flambeau en

suivant cette voie, et les nouvelles approches thérapeutiques, plus intelligentes, sont éclairées par les récentes recherches sur le sida. Ces dernières ont notamment permis l'identification de molécules indispensables à l'entrée des virus dans la cellule.

Q.S. : Quel est le rôle de l'Institut Pasteur aujourd'hui ?

M.S. : Les moyens de contrôle des épidémies ne sont pas suffisants, surtout dans les pays où l'on fait face à des problèmes d'instabilité politique. Les 23 Instituts Pasteur,

répartis sur les 5 continents, sont dans certains pays les seules infrastructures qui possèdent les outils diagnostiques pour reconnaître les nouveaux microbes. Leur mandat est surtout de former du personnel pour assurer le fonctionnement de petits hôpitaux dans les pays du tiers-monde. Là où des notions fondamentales d'hygiène, comme la stérilisation des instruments médicaux, sont bien souvent ignorées.

Propos recueillis par Emmanuelle Bergeron



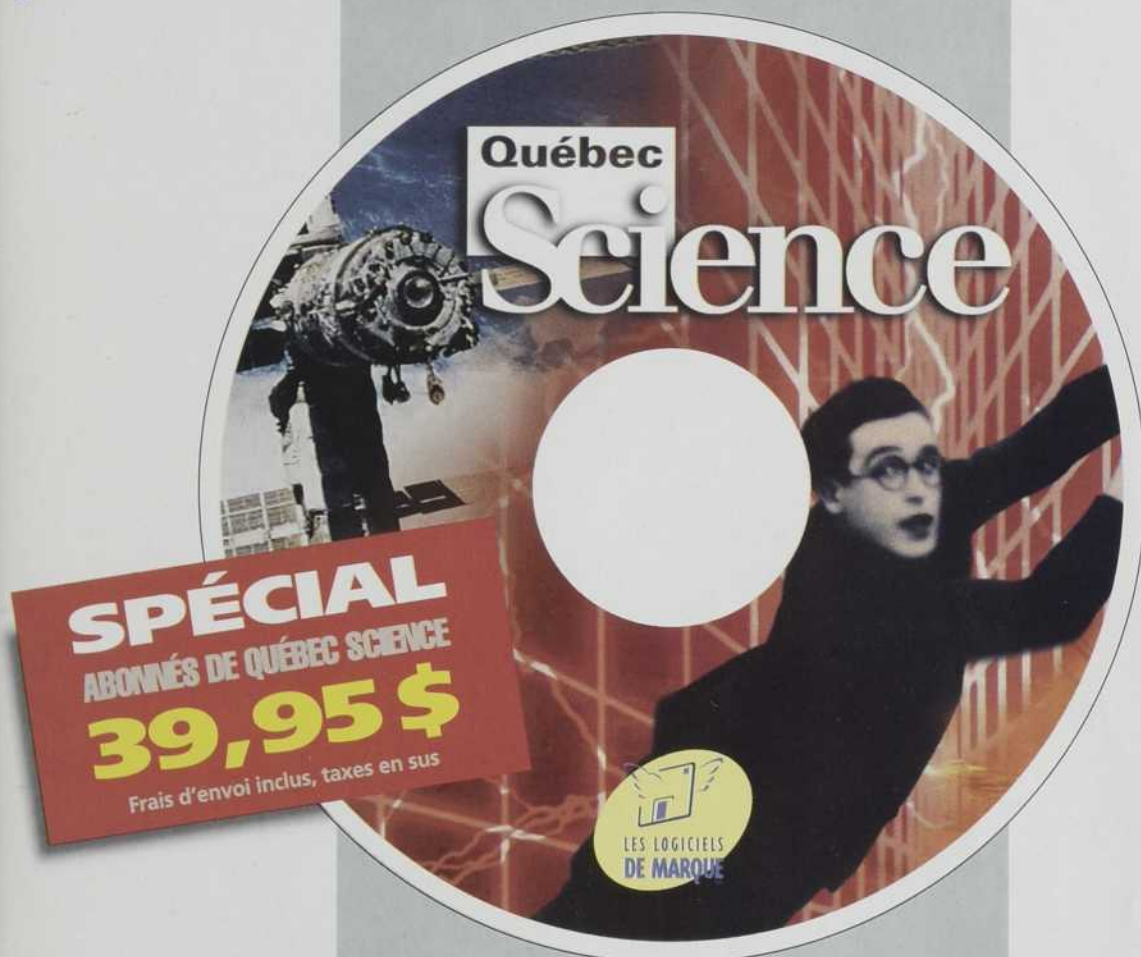
Maxime Schwartz

non seulement à la résistance aux drogues, mais à la modification de la structure même des microbes, qui leur permet de contourner l'immunité naturelle du corps humain. Le virus de la grippe est le meilleur exemple de ce phénomène, puisqu'il est constamment en mutation. Chaque année, de nouveaux vaccins doivent être mis au point.

Q.S. : Quelles sont les nouvelles avenues de recherche face à la résistance des bactéries aux antibiotiques ?

M.S. : Pendant plusieurs an-

Québec Science sur cédérom



Toute l'actualité scientifique et technique
publiée dans le magazine *Québec Science*
de 1989 à 1997

Des informations utiles, fiables et passionnantes.

Dossiers, reportages, nouvelles, chroniques, suppléments.

2 500 articles !

Un outil d'information et de référence essentiel
pour tout savoir sur une foule de sujets : espace,
santé, environnement, innovations technologiques,
recherche fondamentale et appliquée, etc.

Une navigation électronique de haute performance.
Recherche par mots clés, liens hypertextes, images
agrandies, interface conviviale, animations, etc.

En vente dans tous les bons magasins
49,95 \$ plus taxes.

Configuration requise :

• Ordinateur personnel doté d'un microprocesseur 386X ou supérieur (486 recommandé) • Lecteur de cédérom • Système d'exploitation Windows version 3.1, 3.11, 95 ou ultérieure •
• 4 mégaoctets de mémoire vive (8 mégaoctets recommandés) •

OU

• Ordinateur de type Macintosh • Lecteur de cédérom • Système d'exploitation MacOS version 7 ou ultérieure • 8 mégaoctets de mémoire vive •

Produit par *Québec Science* et *Les Logiciels de Marque inc.*



**Commandez dès
maintenant :**

Région de Montréal :
(514) 875-4444

Partout au Québec :
1 800 667-4444

Nous avons l'énergie pour défier l'imagination.

Nous recherchons
et nous développons
pour nous maintenir
à la fine pointe de
la technologie, pour
assurer la pérennité
de notre savoir, pour
créer des emplois et
stimuler l'économie.
Nous recherchons
pour trouver et nous
développons pour
grandir parce que nous
sommes animés par une
énergie nouvelle qui
n'a pas peur de plonger
dans l'inconnu pour
y trouver du nouveau.

www.hydroquebec.com

IREQ

Institut de recherche d'Hydro-Québec
<http://www.ireq.ca>



Une énergie nouvelle