

Québec

Sexe : le gène qui fait la différence

Volume 33, numéro 3
Novembre 1994, 3,45 \$

Science

Cancer

Les nouvelles armes

Il y a les cancers
qui sont en baisse
et ceux qui sont en hausse
Il y a aussi
de grands espoirs
et des succès

Montréal-Toronto

Le match de la science

Quark top : de plus en plus

Les succès du Big Bang

Les dernières nouvelles

de Hubert Reeves

**Votre chien
est un loup**



Le cancer à la une

Le sida, terrible et nouveau, nous ferait-il oublier que d'autres maladies font aussi de grands ravages ? Prenez le cancer. Nous avons tous un parent, une amie, un voisin qui a, ou qui a eu, un cancer. Les plus récentes statistiques le confirment : il y a de plus en plus de cas de cancers, au point qu'un Québécois sur trois connaîtra le cancer dans sa vie. À *Québec Science*, nous ne voulons pas que ce phénomène soit banalisé.

Il y a quelques jours, en fouillant dans ma bibliothèque, j'ai retrouvé un *Science et vie* de mars 1965 qui titrait « Cancer : on touche au but » et se risquait à avancer que la mise au point d'un vaccin anti-cancer semblait imminente. Il y a de cela près de 30 ans ! Avoir de l'espoir, voilà qui est sain. Toujours en fouillant, j'ai relu deux articles dans *Québec Science*, datant d'une vingtaine d'années,

dans lesquels Pierre Sormany nous disait qu'une issue victorieuse pouvait être espérée. Prudent, il nous rappelait quand même que le cancer n'avait pas encore livré tous ses secrets.

Aujourd'hui, il nous faut apprendre à vivre avec le cancer et surtout avec ses effets secondaires. Ceux causés par les médicaments, bien sûr — ils peuvent être majeurs —, mais aussi ceux qui nous affectent socialement. Même s'il apparaît moins radical que celui du sida, un diagnostic de cancer bouleverse une famille. Le verdict, dans notre tête, c'est la mort. Notre espoir, c'est la durée du sursis. Pourtant, il y a plus et mieux à espérer.

Car on survit plus et mieux à de nombreux cancers, non seulement grâce à de nouveaux traitements, mais aussi parce qu'on sait mieux entourer les malades, voire accompagner ces femmes, ces hommes, ces enfants jusqu'à leur dernier souffle. La Maison Michel Sarrazin, à Québec, en est un superbe exemple. « Guérir parfois, soulager souvent, reconforter toujours », résume Joseph Ayoub de l'Institut du cancer de Montréal. Mais surtout, vous dira Rosemonde Mandeville, de l'Institut Armand-Frappier, changer nos attitudes et habitudes de vie pour diminuer le mal à la source.

Michel Gauquelin

CANCER : on touche au but science et vie



PIERRE SORMANY Grâce au Pr. Philippe Huguier, du Collège de France, on sait enfin pourquoi on fume les cigarettes. Dans une autre voie de recherche, la mise au point d'un vaccin anti-cancer semble imminente.

4 Et le gène DSS créa la femme

Une équipe de recherche italo-américaine découvre un gène qui féminise les organes mâles de l'embryon.

par *Pierre Sormany*



7 Ne dites plus « huard », dites « plongeon »

Soixante-dix oiseaux changent de nom cette année.

par *Marie-Claude Ducas*

9 Gentilly : la poubelle nucléaire est pleine !

La piscine où sont actuellement déposés les déchets radioactifs de la centrale nucléaire de Gentilly-2 est pleine. Chicane autour du choix d'une nouvelle poubelle.

par *Étienne Denis*



10 En liberté très surveillée

Les prisons débordent ? Quarante-trois États américains ont relâchés des détenus munis d'un radio émetteur. L'illusion de la liberté.

par *Hélène Côté*

11 Le retour d'Alex

Offres d'emploi, conseils aux jardiniers urbains... on trouvera un peu de tout sur le Freetnet montréalais, une bretelle de l'autoroute électronique.

par *Pascal Lapointe*

12 Nouvelles brèves

par *Pedro Rodrigue*

À l'agenda

40 Histoires de science Les ordinateurs : mi-automates, mi-calculatrices

Comme les êtres vivants, les machines évoluent. Et c'est le croisement des calculatrices et des automates qui nous a donné les ordinateurs.

par *Danielle Ouellet*

42 La dimension cachée Dans les nuages

Pourquoi pleut-il en novembre ?

par *Raynald Pepin*

45 Livres Prozac : le bonheur sur ordonnance ?

par *Luc Dupont*
Sommes-nous seuls dans l'Univers ?

par *Félix Légaré*

CD-ROM
L'herbier de Marie-Victorin
par *Claude Marcil*

46 Entrevue Grand reportage sur l'Univers

Entrevue avec Hubert Reeves sur son dernier livre.
par *Pedro Rodrigue*

28

Pourquoi le loup est le meilleur ami de l'homme

Comment le loup s'est transformé en chihuahua, en fox-terrier et en labrador.

par Félix Légaré

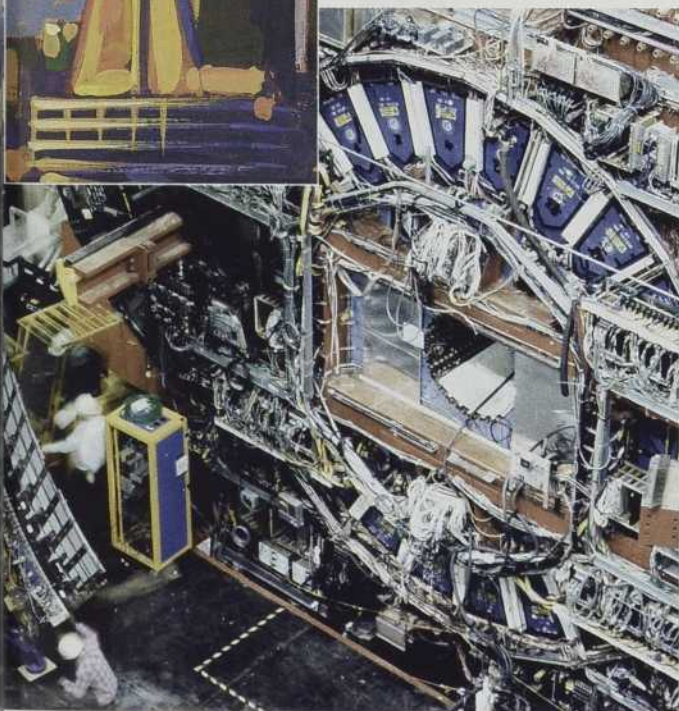


32

Toronto-Montréal : le match de la science

Certes, comparaison n'est pas raison. Mais l'exercice est drôlement instructif. Voici, côte à côte, le profil scientifique des deux plus importantes villes canadiennes.

par Nathalie Collard



36 L'événement quark top : quelques étincelles du Big Bang in vitro

Les Américains ont réussi à observer des manifestations du quark top, cette particule qui manquait à l'appel pour valider le modèle standard, la théorie qui décrit la matière. Un événement, car, pour y arriver, il faut littéralement recréer les conditions qui prévalaient quelques instants après le Big Bang.

par Sébastien Blais-Ouellet

Dossier

Cancer

les nouvelles armes

14 Les chiffres : les cancers qui régressent, ceux qui progressent

Un Québécois sur trois sera victime du cancer. En chiffres, l'état de la situation au Québec.

par Gilles Drouin

16 Tuer le cancer dans l'œuf

À l'Institut du cancer de Montréal, les chercheurs administrent des médicaments à base de vitamine A pour prévenir le cancer du poumon chez les fumeurs.

par Isabelle Montpetit

18 Gardiens de cellules

La santé des cellules dépend d'une proportion équilibrée d'oncogènes et d'anti-oncogènes. Briser cet équilibre, c'est laisser la voie libre au développement de cellules cancéreuses. Les oncologues cherchent à comprendre pourquoi.

par Stéphan Dussault

20 Une question d'hormones

Les hormones sexuelles joueraient un rôle dans le développement de cancers aux seins, aux ovaires, à l'utérus et aux testicules. Le docteur Fernand Labrie a élaboré une médecine en conséquence.

par Valérie Borde

22 La piste des mutantes

Comment la médecine compte déjouer des cellules cancéreuses qui résistent à tout traitement.

par Bruno Dubuc

18 Sur le front...

Paul Jolicœur, Philippe Gros, Joseph Ayoub, Nicole Beauchemin, Fernand Labrie, Rosemonde Mandeville, Michael Pollak.

Des portraits de Stéphan Dussault, Bruno Dubuc, Isabelle Montpetit, Marie-Claude Ducas, Valérie Borde.

25 Cultiver le cancer

Quand les éprouvettes remplacent les animaux de laboratoire.

par Gilles Drouin

26 L'histoire de Philippe

Inefficace il y a quelques années, la médecine de choc anti-leucémie sauve maintenant la vie de deux enfants sur trois.

par Michel Groulx

Actualités

Génétique

Et le gène DSS créa la femme

On connaît depuis quatre ans le gène qui, six semaines et demie après la fécondation, transforme en mâle l'embryon humain jusqu'alors indifférencié. Une équipe italo-américaine, dirigée par la généticienne Giovanna Camerino, vient peut-être de découvrir son *alter ego* : un gène qui, à condition d'exister en deux copies, transforme en femme le même embryon. En principe, rien d'étonnant dans ce double mécanisme, plutôt fréquent en génétique... Mais il faudra récrire tous les manuels.

par Pierre Sormany

Depuis une quarantaine d'années, le modèle dominant en embryologie veut que le fœtus humain soit d'abord de sexe féminin. Par défaut, pourrait-on dire. Et qu'il devient mâle si un événement précis se produit, au milieu de la septième semaine.

À ce moment, les tissus gonadiques du futur mâle, auparavant indifférenciés, commencent à produire une hormone baptisée « anti-mullérienne ». Cette hormone provoque la disparition des canaux de Muller (à l'origine des trompes de Fallope chez la femme) et bloque l'action d'une enzyme qui transformait jusque-là en œstrogène une bonne partie de la testostérone produite par l'embryon. Du coup, le taux de testostérone augmente dans l'organisme, et la maturation des organes mâles commence.

L'existence de cet événement ponctuel, à un moment précis, laissait deviner l'action initiale d'un seul gène. En absence de ce gène, croyait-on, l'embryon devenait « naturelle-



Un jeu génétique pendant le développement de l'embryon détermine le sexe du futur enfant. On commence à en comprendre les règles.

ment » une femme. Ce gène devait bien sûr se trouver sur le chromosome Y, le seul que l'homme possède en exclusivité. Voilà en tout cas ce qu'on enseigne dans les écoles de médecine depuis les années 50. Mais il aura fallu attendre les progrès foudroyants de la génétique moléculaire des 10 dernières années pour que la course au « gène du sexe » commence vraiment.

Bref rappel du paysage génétique : toutes les recettes de nos protéines sont codées dans l'ADN, une longue chaîne moléculaire enroulée sur elle-même et répartie entre 46 chromosomes chez les humains. Ces enroulements d'ADN viennent par paires. Vingt-deux d'entre elles sont symétriques. Mais si la 23^e paire est symétrique chez la fem-

me (type X), l'homme possède un seul X et un chromosome Y beaucoup plus petit.

Il arrive, une fois toutes les 20 000 naissances environ, qu'un embryon XY, mâle en principe, donne un bébé qui a toutes les apparences d'une fille. Ou qu'un embryon XX, qui devrait être de sexe féminin, développe un corps de garçon. Ce sont ces erreurs de parcours qui allaient permettre de localiser le premier gène du sexe.

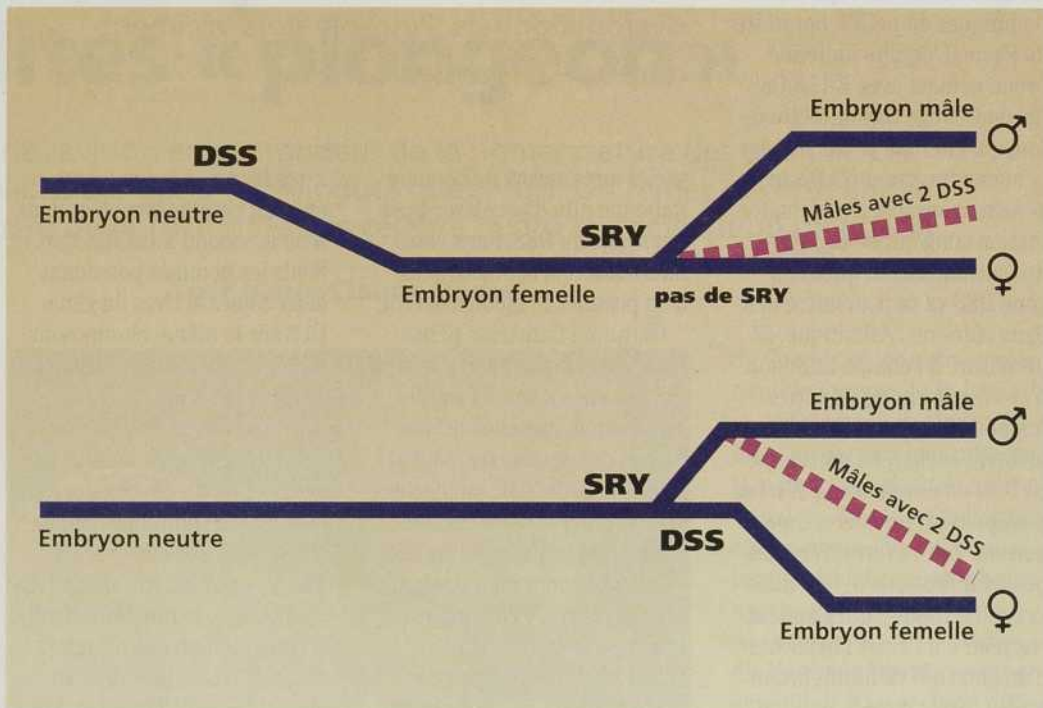
En scrutant les dossiers génétiques de quelques-uns de ces patients au sexe ambigu, une équipe internationale travaillant au laboratoire de Peter Goodfellow, à Cambridge en Angleterre, annonce en 1989 dans la revue *Nature* qu'ils ont isolé un fragment du chromosome Y qui se trouvait greffé par erreur à l'un des chromosomes X de tous les « hommes XX » étudiés, mais qui était absent chez plusieurs « femmes XY ». Les chercheurs suggéreraient de chercher dans ce fragment baladeur le gène déclencheur de la sexualité mas-

culine. Sept mois plus tard, en juillet 1990, ils publient la séquence précise d'un gène « candidat » qu'ils appellent SRY (pour *Sex-determining Region* du chromosome Y).

La confirmation définitive vient en novembre 1990 : en étudiant les dossiers de deux « femmes XY » qui portaient, contre toute attente, ce gène SRY (elles auraient donc dû être des hommes normaux), les chercheurs de Cambridge ont pu retracer des erreurs (mutations) dans la séquence précise de leur gène. Une seconde équipe, travaillant au laboratoire de Robin Lovell-Badge, à Londres, annonce en outre, dans la même édition de *Nature*, avoir transformé en mâles des embryons de souris XX simplement en leur greffant le gène SRY aux premières heures après la conception (pour le récit de cette course au gène du sexe, voir *Québec Science*, septembre 1991).

La découverte de 1990 confirmait donc le modèle généralement admis. Il suffisait de greffer le « gène du sexe » pour transformer en mâle un embryon femelle. Et il suffisait de petites mutations dans le gène pour que la cascade d'événements qui produit un embryon mâle ne s'enclenche jamais.

C'est ce bel édifice qui se trouve aujourd'hui remis en question par une équipe formée principalement de chercheuses italiennes. L'annonce a été timide pourtant. La revue *Nature Genetics*, qui a publié l'article dans son édition d'août, ne l'a même pas signalé à la une. Et les généticiennes italiennes n'y parlent pas d'un nouveau « gène du sexe », mais d'un gène qui, lorsque dédoublé accidentellement, pourrait renverser partiellement l'ac-



On ne connaît pas encore la séquence du gène DSS, ni la protéine qu'il code. Il est donc difficile de savoir à quel moment il entre en action. Deux hypothèses : s'il entre en action avant le gène SRY déterminant le sexe masculin, il a droit au titre de premier déclencheur de la différenciation sexuelle. Mais cela confirme le modèle classique qui veut que tous les embryons soient d'abord de sexe féminin, avant que la présence du SRY les détournent vers le sexe masculin (*figure du haut*). Par contre, si le DSS entre en action après le déclenchement du SRY, il y aurait deux embranchements distincts à partir d'un embryon neutre au départ (*figure du bas*). Les embryons mâles portant deux gènes DSS actifs subiraient alors un second détournement.

tion du SRY de 1990. Mais les médias, eux, ne s'y trompent pas : *Le Monde* tout comme le *New York Times* proclament aussitôt la découverte d'un second « gène du sexe », féminin celui-là.

Curieusement, toute cette histoire s'est déroulée un peu par hasard.

En 1991, Giovanna Camerino enseigne la génétique à l'Université de Sassari, en Sardaigne. Parallèlement, elle mène des recherches sur le chromosome X, au laboratoire de biologie générale et de génétique médicale de l'Université de Pavie, à 35 kilomètres de Milan. Elle tombe alors par hasard sur le cas d'un patient XY au corps de femme, mais qui semble pourtant posséder le gène

SRY. Elle aurait pu postuler un mauvais fonctionnement du gène, soupçonner une mutation. Mais elle constate une bizarrerie sur le bras le plus court du chromosome X : le même fragment d'ADN semble répété deux fois. Ces deux faits — dédoublement et développement sexuel inversé — sont-ils associés ?

Commence alors une course aux dossiers médicaux de patients au sexe ambigu de Trieste, de Milan, de Rome ou d'ailleurs en Italie. On trouvera bientôt huit cas où de tels dédoublements chromosomiques sont apparents au microscope. Quatre de ces patients ont développé un corps de femme. Les autres sont devenus des hommes, malgré certains pro-

blèmes de maturation sexuelle. En étudiant de manière plus fine la carte génétique de ces huit patients, la cytogénéticienne de l'équipe, Orsetta Zuffardi, va localiser une zone critique dédoublée chez les quatre femmes, mais pas chez les quatre hommes. Ce petit fragment pourrait-il contenir un gène qui, s'il existe en deux copies, serait en mesure de stimuler le développement des organes féminins même en présence du gène SRY déclencheur du sexe masculin ? Giovanna Camerino va donner un nom à ce gène responsable de la féminisation des organes mâles : DSS (pour *Dosage Sensitive Sex-reversal*).

Entre l'observation d'un tel fragment de chromosome

visible au microscope (des millions de molécules enchaînées, donc) et l'identification précise du gène, il faut plusieurs mois d'un travail de moine qui dépasse les capacités techniques du petit laboratoire de Pavie. L'équipe italienne prend contact avec Ed McCabe, du Collège Baylor de Houston, qui cherche justement sur le même fragment d'ADN le gène responsable d'une malformation congénitale des glandes surrénales. La quête du gène DSS va se poursuivre des deux côtés de l'Atlantique. Et permettre à l'équipe italienne d'étudier le cas de 27 autres femmes XY chez qui le doublement recherché dans le petit bras du chromosome X n'est pas apparent au microscope... mais où l'on va retrouver quelques duplications d'ADN dans la zone critique. Assez en tout cas pour confirmer l'hypothèse d'un gène qui viendrait brouiller les cartes dans le développement du mâle.

Depuis le début de 1994, plusieurs autres laboratoires — dont ceux de Goodfellow à Cambridge et Lovell-Badge à Londres, responsables de la découverte du SRY — se sont as-

Les personnes qui naissent avec un seul X et pas d'Y ne développent pas d'organe mâle, soit, mais elles sont stériles parce que les organes femelles sont eux dysfonctionnels. Peut-on alors vraiment parler de « femmes » ?

sociés aux travaux de l'équipe italienne afin d'accélérer le séquençage du DSS. Sans cette information, il est hasardeux d'en postuler le mode d'action.

Giovanna Camerino pense toutefois que son gène aurait un effet direct sur les équilibres hormonaux chez les embryons des deux sexes. En l'absence du gène SRY, qui déclenche la formation des organes mâles, une seule copie du DSS serait suffisante pour enclencher le processus de maturation des organes féminins. Mais le fait que les hommes possèdent eux aussi une copie de ce gène sur leur chromosome X montre que le DSS ne serait pas suffisant pour renverser le processus de masculinisation enclenché par le gène du sexe masculin SRY. (Notons qu'il en va de même pour les

rare hommes qui naissent avec un chromosome Y et deux X où le second X est inactivé.) Seuls les hommes possédant deux copies actives du gène DSS sur le même chromosome seraient « féminisés ». Un effet de dose en somme.

Cette découverte force les embryologistes à modifier leur conception du développement des organes féminins comme étant le processus « par défaut ». « C'était une vision très simpliste », avoue l'Américain David Page, un des premiers à se lancer dans la course au gène du sexe, à l'Institut Whitehead de Cambridge, au Massachusetts. « Et je ne doute pas que le développement des ovaires va se révéler être un processus très actif, requérant l'action de plusieurs gènes et protéines. »

Les personnes qui naissent avec un seul X et pas d'Y ne développent pas d'organe mâle, soit, mais elles sont stériles parce que les organes femelles sont eux dysfonctionnels. Peut-on alors vraiment parler de « femmes » ?

Philippe Berta, un généticien de Montpellier en France qui a participé à la découverte du gène du sexe masculin SRY, admet aussi que la production des hormones, le développement des protéines réceptrices et la maturation cellulaire nécessitent, pour les deux sexes, l'action de toute une cascade de gènes. « On connaît même certains de ces gènes, localisés sur d'autres chromosomes. Mais on pense que le SRY est situé au sommet de la cascade. C'est le premier événement qui force l'embryon à choisir une voie ou l'autre », disait-il à *Québec Science*, au moment de sa découverte.

Sauf qu'on peut désormais affirmer que ce choix initial n'est pas aussi définitif. Et que le développement de la fille, pas plus que celui du garçon, n'est affaire d'automatismes, programmés « par défaut ». ●

Québec Science



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

DIRECTION

Directeur général : Michel Gauquelin
Adjointe administrative : Joan Lacasse

RÉDACTION

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

Comité de rédaction : Patrick Beaudin, Jean-Marc Carpentier, Raymond Lemieux, Rosemonde Mandeville, Isabelle Montpetit, Gilles Parent, Sarah Perrault, Anne-Marie Simard, Pierre Sormany, René Vézina, Yanick Villedieu

Collaborateurs : Sébastien Blais-Ouellet, Valérie Borde, Nathalie Collard, Hélène Côté, Étienne Denis, Gilles Drouin, Bruno Dubuc, Marie-Claude Ducas, Stéphan Dussault, Michel Groulx, Claude Laffleur, Pascal Lapointe, Félix Légaré, Isabelle Montpetit, Danielle Ouellet, Raynald Pepin, Pedro Rodrigue et Pierre Sormany

Illustrations : Pierre-Paul Pariseau, Alain Massicotte
Photographies : Laurent Leblanc
Correction : Natalie Boulanger

PRODUCTION

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

COMMERCIALISATION

Abonnements : Nicole Bédard
Distribution en kiosques : Messageries Dynamiques

ABONNEMENTS

Tarifs (taxes incluses)	Au Canada	À l'étranger
1 an (10 numéros)	34,19 \$	43,00 \$
2 ans (20 numéros)	59,03 \$	75,00 \$
3 ans (30 numéros)	82,05 \$	105,00 \$
À l'unité	3,93 \$	4,50 \$
Groupe (10 ex./ même adresse)	30,77 \$	Non disponible

Pour abonnement et changement d'adresse

QUÉBEC SCIENCE
C.P. 250, Sillery (Québec) G1T 2R1
Pour la France, faites votre chèque à l'ordre de :
DAWSON FRANCE, B.P. 57, 91871, Palaiseau, Cedex, France

Québec Science, magazine à but non lucratif, est publié 10 fois l'an par la revue Québec Science. La direction laisse aux auteurs l'entière responsabilité de leurs textes. Les titres, sous-titres, textes de présentation et rubriques non signés sont attribuables à la rédaction. Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés.

ABONNEMENTS ET CHANGEMENTS D'ADRESSE

Téléphone : (418) 657-4391

PUBLICITÉ

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

RÉDACTION

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

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

© Copyright 1994 — La Revue Québec Science

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

Québec Science reçoit l'aide financière du ministère de l'Industrie, du Commerce, de la Science et de la Technologie (Programme Revues de vulgarisation scientifique et technique) et du gouvernement du Canada (Programme Sciences et Culture Canada)



Industrie Canada Industry Canada

Membre de :
The Audit Bureau
CPPA



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

Ornithologie

Ne dites plus « huard », dites « plongeon »

En 1983, une révision en profondeur de la nomenclature des oiseaux avait secoué les habitudes des ornithologues québécois. On remet ça cette année : 70 oiseaux changent de nom dont le très célèbre huard qui devient un plongeon.

par Marie-Claude Ducas

En faisant leurs emplettes de graines pour l'hiver, beaucoup d'amateurs d'oiseaux vont en même temps se procurer un nouveau guide ornithologique puisque 70 oiseaux de l'est de l'Amérique du Nord ont été rebaptisés. Plusieurs livres et affiches publiés ici — dont la version française du populaire *Guide Peterson* — les mentionnent dans leur récente édition. Ainsi, le geai du Canada s'appelle maintenant le mésangeai du Canada, le jaseur des cèdres devient le jaseur d'Amérique tandis qu'il faudra s'habituer à appeler notre célèbre huard à collier, plongeon huard ! Les autres huards (à bec blanc et du Pacifique) sont eux aussi rebaptisés plongeurs.

La raison de ces changements : le besoin, exprimé par



un nombre grandissant de naturalistes, d'avoir des noms uniformes d'un pays à l'autre. Ces noms ont été déterminés par la Commission internationale des

noms français des oiseaux.

Mandatée en 1990 par le Comité ornithologique international, la Commission regroupait neuf experts : trois

du Canada et les autres provenant de France, de Belgique et de Guadeloupe. Ils ont publié l'an dernier leur proposition de nomenclature internationale. « En plus d'uniformiser les noms, on voulait des termes scientifiquement plus exacts, qui tiennent compte des connaissances actuelles », dit Normand David, directeur général de l'Association québécoise des groupes d'ornithologues (AQGO) et membre de la Commission.

« Il ne faut pas oublier que l'ornithologie est encore une toute jeune science qui ne s'est véritablement développée qu'au XIX^e siècle, poursuit-il. Beaucoup de noms actuels reflétaient des erreurs de classement, remontant à l'époque où l'on disposait de moins de données. De plus, les mêmes oiseaux portaient des noms

NOUVELLE PARUTION

Les chercheurs de la mer

Les débuts de la recherche en océanographie et en biologie des pêches du Saint-Laurent au Québec

Jacques Saint-Pierre

255 pages
32 \$

INRS-Culture
et société (IQRC)



Disponible en librairie ou chez notre distributeur :

UNIVERS 845, rue Marie-Victorin, Saint-Nicolas (Québec) G0S 3L0 Tél. : (418) 831-7474 Téléc. : (418) 831-4021



LES DÉBROUILLARDS

LE MAGAZINE DRÔLEMENT SCIENTIFIQUE
DES 9 À 14 ANS

vous propose en novembre :

Quand la nature s'endort

Comment les animaux se préparent à affronter le gel, l'enneigement et le manque de nourriture.

Les petits trous qui font la musique

La fabrication d'un disque compact : une opération propre, propre, propre !

Attention aux chasseurs !

Orignaux, cerfs, lièvres, lynx... des populations à protéger.

Lire entre les lignes... de la main

Ligne de vie, ligne d'enfants ou ligne de tête. La vérité sur toute la ligne !

Des livres et des jeux pour apprendre et s'amuser

Les adjoints du prof Scientifix ont fait le tour des magasins et des librairies et vous donnent leurs suggestions.

En plus :

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



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

Pour s'abonner (1 an, 10 numéros, 27,30 \$), s'adresser à :

Magazine Les Débrouillards
25, boul. Taschereau, bureau 201
Greenfield Park (Québec) J4V 3P1
Commande téléphonique (carte de crédit indispensable): (514) 875-4444/1-800-667-4444

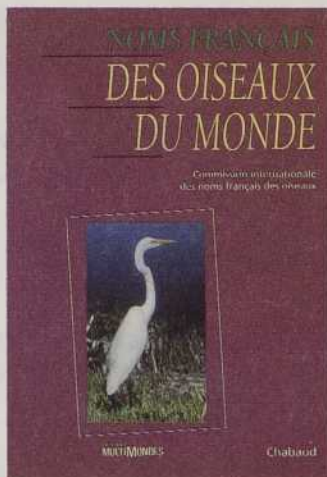


GOLDSTYN

différents selon le continent ou, au contraire, des oiseaux différents avaient le même nom. »

C'est la deuxième vague de baptêmes d'oiseaux en une décennie au Canada. En 1983, des experts du Musée canadien de la nature d'Ottawa avaient fait une première révision de la nomenclature. Près de 300 espèces ont alors été touchées parmi lesquelles on compte l'ensemble des fauvelles rebaptisées « parulines ». Dans la même foulée, nos pinsons sont alors devenus « bruants ». « Il y a eu beaucoup de protestations et de débats à ce moment-là, se souvient Jean Paquin, rédacteur en chef de *Québec oiseaux*, la revue de l'AQGO. Mais, cette fois, les choses se passent en douceur. »

Il reste quand même des contestataires qui déplorent la confusion créée par l'abandon de termes bien connus au Québec au profit de noms imposés de l'extérieur, surtout de la France. « Il n'était pas nécessaire d'aller aussi loin, de faire autant de changements et de vouloir l'uniformité à tout prix, dit Ronald Lepage, président du Comité d'or-



nithologie de la Société zoologique de Québec. On a éliminé des noms solidement enracinés dans nos traditions. »

La Société est allée jusqu'à publier son propre répertoire des noms en 1983 quand est survenue la première vague de changements.

« Si de telles modifications sont pour certains un peu difficiles à accepter, ajoute Normand David, bien des protes-

tations sont fondées sur de fausses perceptions. Par exemple, l'idée que l'on se fait imposer des noms de l'extérieur.

Dans le cas des parulines et des bruants, nous avons au contraire rebaptisé des oiseaux auxquels les premiers colons avaient donné à tort des noms européens. D'ailleurs, les Européens ont pas mal plus de changements à faire que nous... »

Reste que l'on risque d'avoir, dans l'immédiat, quelques difficultés à parler du plongeon pour décrire l'effigie de nos pièces d'un dollar. Que dira-t-on maintenant dans les actualités économiques ? Le cours du plongeon a remonté ? ●

JOUEZ GAGNANT!

UNE PERSONNE SUR TROIS RISQUE D'ÊTRE
ATTEINTE D'UN CANCER
AU COURS DE SA VIE!



AIDEZ-NOUS
À VAINCRE LE CANCER

SOCIÉTÉ
CANADIENNE
DU CANCER

CANADIAN
CANCER
SOCIETY



DIVISION DU QUÉBEC

5151, boul. de l'Assomption, Montréal
(Québec) H1T 4A9 — Tél.: (514) 255-5151

OUI, je veux jouer gagnant et
voici mon don: _____ \$

Nom: _____

Adresse: _____

Ville: _____

Code postal: _____

No. d'enregistrement: 00000 75 11

Mode de paiement: Chèque

MasterCard Visa

No.: _____

Date d'échéance: _____

Signature du donateur

**DONNEZ
GÉNÉREUSEMENT**

Gentilly

La poubelle nucléaire est pleine

La piscine où sont actuellement déposés les déchets radioactifs de la centrale nucléaire de Gentilly-2 près de Trois-Rivières est pleine. Chicane autour du choix d'une nouvelle poubelle.

par Étienne Denis



Après seulement 10 ans d'utilisation, la piscine qui devait servir de dépôt pour le combustible irradié de la centrale nucléaire Gentilly-2 sera bientôt pleine. Hydro-Québec, le propriétaire de Gentilly-2 — une centrale de type CANDU située à Bécancour —, veut maintenant construire des entrepôts de stockage à sec des déchets. Des audiences publiques se sont d'ailleurs déroulées à ce sujet en septembre dernier.

Si elle obtient les autorisations nécessaires, la société d'État construira dès l'été prochain une série de bunkers de béton. Chacun de ces bunkers contiendra 20 cylindres métalliques étanches dans lesquels seront stockées 12 000 grappes

d'uranium irradié. Ce système d'entreposage, nommé CANSTOR, serait à la fois plus sûr et moins cher que la piscine actuelle. Un système assez semblable de stockage à sec est déjà utilisé sur le site de Gentilly depuis 1985.

Rappelons que, dépourvu de gaine et de blindage, le combustible irradié de Gentilly-2 est actuellement mortel pour un humain après un simple contact et qu'il restera nocif pendant 500 ans. De leur côté, les modules CANSTOR ne pourront en théorie être

utilisés pendant plus de 50 ans. Le site devrait donc être temporaire. Vers 2025, le matériel irradié serait transféré au site d'entreposage permanent qu'entend construire Énergie atomique du Canada, à un kilomètre de profondeur quelque part dans le bouclier canadien, probablement au Manitoba.

Hydro-Québec qualifie le système CANSTOR de « solution sûre, fiable et éprouvée ». Le pire des cas : une fuite radioactive se produisant avant que les grappes soient déposées dans les bunkers. Hydro a évalué que les rejets nucléaires entraîneraient alors un niveau de radiation trop faible pour mettre la population en danger. C'est du moins ce qu'a soutenu

le physicien Michel Rhéaume, qui représentait Hydro-Québec aux audiences publiques. Selon lui, seuls les travailleurs de Gentilly-2 pourraient courir un risque, et le plan d'urgence de la centrale permettrait, croit-il, de « gérer cet incident ».

Plusieurs personnes intervenues lors des audiences publiques se disaient néanmoins inquiètes de cet aspect « temporaire » du site québécois : que se passera-t-il si le projet d'Énergie atomique du Canada échoue ? Mais Hydro-Québec s'en lave les mains : « Le stockage permanent n'est pas notre responsabilité », a répondu Michel Rhéaume.

Pour l'heure, Hydro est surtout préoccupée de la perception du risque nucléaire qu'a la population. Les audiences publiques ont mis en évidence ce malaise chez les gens. Plusieurs citoyens ont cité les accidents de Tchernobyl et de Three Miles Island. C'est peut-être Estelle Lacoursière, une militante qui habite un couvent près de la centrale, qui a le mieux résumé l'inquiétude des citoyens de la région : « Un accident, c'est toujours ce qui n'a pas été prévu. » ●

Programme de subvention 1994-1995

Promotion du français dans les milieux de travail

Vous êtes

- dirigeants* d'entreprise • travailleurs
- membres d'un comité de francisation
- représentants d'une association patronale, syndicale, professionnelle ou d'une communauté culturelle.

Vous avez des projets de promotion du français dans un milieu de travail.


Ces projets peuvent porter sur

- la diffusion du français
- l'implantation terminologique
- la sensibilisation et la mobilisation du personnel et de la direction des entreprises.

Date limite pour la présentation des projets : **16 décembre 1994**

* La forme masculine désigne aussi bien les hommes que les femmes.

Pour renseignements :
Programme de soutien financier à la promotion du français dans les entreprises
Office de la langue française
Case postale 316
Tour de la Place-Victoria
Montréal (Québec) H4Z 1G8
Téléphone : (514) 873-8275
Télécopie : (514) 873-3488

Québec 

Criminologie



En liberté très surveillée

On baguait des oiseaux, on bague maintenant les prisonniers. Une technique répandue aux États-Unis, mais encore boudée au Canada.

par **Hélène Côté**

S'inspirant d'un épisode de *Spiderman* au cours de laquelle le célèbre redresseur de torts parvient à localiser un bandit grâce à un bracelet-émetteur, un juge d'Albuquerque, au

Nouveau-Mexique, imposait en 1983 la première sentence de surveillance électronique à domicile. En quelque sorte, la prison... à la maison. L'année suivante, la Floride emboîtait le pas et lançait le premier

programme de surveillance électronique en espérant solutionner son problème de surpopulation carcérale.

En 1990, on comptait aux États-Unis 435 de ces programmes. Aujourd'hui, dit Pierre Landreville, professeur à l'École de criminologie de l'Université de Montréal, ils sont tellement populaires qu'on ne se donne même plus la peine de les compter !

Le principe de la surveillance électronique est presque enfantin. On donne au contrevenant l'occasion de purger sa peine chez lui, à la condition qu'il respecte un couvre-feu. Un émetteur miniature est inséré dans un bracelet que l'on fixe à sa cheville ou à son poignet. Cet émetteur transmet un signal au récepteur installé près de son téléphone. Si la personne commet l'audace de se déplacer à plus de 50 mètres de ce récepteur en dehors des heures permises, le récepteur rapporte l'information à l'ordinateur central par le réseau du câble téléphonique.

Certains appareils sont même munis d'un ivressomètre. « Bientôt, on pourra analyser à distance des échantillons d'urine ou de salive qui révéleront si l'individu a consommé des drogues illicites », explique Pierre Landreville. En Angleterre, il est question d'instaurer une technologie cal-

quée sur celle des téléphones cellulaires qui permettra de localiser les délinquants partout où ils se trouvent.

La troisième génération de surveillance électronique pourra éventuellement transmettre, grâce à des implants, des données physiologiques sur le contrevenant. Ainsi, lorsqu'un taux anormalement élevé d'adrénaline sera enregistré chez un individu, un minuscule réservoir logé dans son corps s'ouvrira pour diffuser une drogue dans son sang, ce qui contrôlera son comportement. Ce système, emprunté à la technologie spatiale, rendra possible la libération de criminels condamnés pour des offenses graves, pense Pierre Landreville. « Mais ce n'est pas pour demain, ajoute-t-il, puisqu'il faut tenir compte de nombreuses considérations financières et éthiques. »

Au Canada, seule la Colombie-Britannique a mis sur pied un projet pilote en mars 87. Autrement, bien qu'un comité du Solliciteur général sur les solutions de rechange en incarcération ait réfléchi à la question dès 1986, aucune application de cette méthode n'a suivi. D'ailleurs, le service correctionnel du Canada pour le district du Montréal métropolitain vient tout juste d'abandonner l'idée d'un projet pilote pour la province. Le projet coûtait trop cher et touchait trop peu de détenus, dit le directeur, Gilles Thibeault. « On préfère laisser les expérimentations à la Colombie-Britannique qui possède déjà l'équipement nécessaire. »

Au Bureau régional du service de probation, le directeur Gilles Laferrière est également loin d'être emballé par l'idée. « Le concept n'est pas totalement rejeté, mais on croit davantage à l'approche humaine qu'à l'électronique pour réhabiliter nos détenus. » Bref, on préfère encore s'en tenir au baguage des oiseaux ! ●

STRATEGIES ENERGETIQUES BIOSPHERE & SOCIETE

FORUM INTERDISCIPLINAIRE INDEPENDANT



Une tribune internationale pour l'écologie

« STRATÉGIES ÉNERGÉTIQUES, BIOSPHERE & SOCIÉTÉ » est une publication scientifique interdisciplinaire annuelle qui explore les grands enjeux de l'écologie globale. Chaque numéro est thématique. Parmi les grands sujets abordés figurent « Le nucléaire contre l'effet de serre », « La radioactivité et le vivant », « L'utilisation rationnelle de l'énergie » et « L'explosion démographique ». Le prochain thème abordé sera « Le soleil pour un développement durable ». Chaque numéro comporte entre 100 et 150 pages. Dirigée par une équipe internationale, « SEBES » paraît aux Éditions Médecine et Hygiène, 78, avenue de la Roseraie, Case Postale 456, CH-1211 Genève 4, Suisse. Téléc. : (41-22) 347-56-10

Diffusion au Canada : Presses de l'Université du Québec, 2875, boul. Laurier, Sainte-Foy (Québec) G1V 2M3. Abonnement : 30 \$. Prix au numéro : 40 \$.

Freenet

Le retour d'Alex

Un réseau Freenet — une sorte de bretelle de l'autoroute électronique — entrera en service d'ici la fin de l'année à Montréal.

par Pascal Lapointe

Une centaine de bénévoles du Regroupement électronique du Montréal métropolitain (REMM) y travaillent depuis août 1993 et comptent mettre à la portée de 100 000 usagers l'outil informatique et les multiples informations qui y circulent. Le REMM estime que des investissements de deux millions de dollars seront nécessaires pour concrétiser cette bretelle d'autoroute. Les gouvernements en avanceraient le tiers. D'autre part, la compagnie Bell a déjà donné 450 de ses terminaux Alex qui seront installés dans les lieux publics et qui serviront d'accès au réseau.

« On souhaite que tout le monde ait accès à l'informa-



tion, dit l'avocat André Laurendeau, un des chefs de file du projet. On veut créer des ponts entre les gens qui, dans nos so-

ciétés modernes, sont isolés. » On le devine, l'accent sera mis sur l'information locale. Le Freenet montréalais — le pre-

mier réseau francophone de ce type — contiendra, par exemple, les annonces provenant de l'hôtel de ville et des maisons d'enseignement de la région. Il fournira aussi des renseignements très variés allant des activités organisées par les groupes communautaires jusqu'aux offres d'emploi en passant par des conseils aux jardiniers amateurs.

Le concept Freenet a été créé à Cleveland, aux États-Unis, en 1986. Aujourd'hui, on compte une cinquantaine de réseaux dans le monde, dont les deux tiers se trouvent chez nos voisins du Sud et six au Canada. Le plus populaire actuellement est celui implanté à Ottawa que peuvent consulter 20 000 usagers. ●

CONGRÈS DE L'AQFIM PARTENAIRES DANS LE CHANGEMENT

Un temps de réflexion que s'accordent les intervenants de l'INDUSTRIE MÉDICALE — entrepreneurs, chercheurs, investisseurs, utilisateurs et gestionnaires de la santé — pour développer des stratégies communes face à la conjoncture.

SALON DE L'INNOVATION

- Des produits et équipements médicaux hautement sophistiqués fabriqués ici au Québec par des entreprises soucieuses de la qualité
- Des projets de recherche à l'avant-garde
- Concours étudiants-chercheurs

- Conférences et ateliers
 - Dîner-conférence
- Invité spécial : **Bernard Lamarre**
président du Conseil d'administration
de l'Hôpital Bellechasse

Pour renseignements :
(514) 383-3268



Les 9 et 10 novembre 1994
Hôtel Montréal Bonaventure Hilton

Nouvelles brèves

par Pedro Rodrigue

■ Terrorisme Plus de cachotteries

Le trafic illégal de plutonium constitue un problème de sécurité à l'échelle mondiale. Les chercheurs du laboratoire d'État américain Argonne, en Illinois, viennent de mettre au point un modèle informatique qui aidera les inspecteurs de sûreté nucléaire à prévoir la quantité de plutonium — un déchet qui résulte de la production d'électricité nucléaire — qu'ils *devraient* trouver dans les poubelles de telle ou telle centrale. Le détournement de plutonium vers le marché noir, par des chercheurs peu scrupuleux, serait ainsi rendu plus difficile. Le nouveau logiciel calcule la composition isotopique du combustible en fonction de l'âge de la centrale, de sa conception, du rythme de production et du type de combustible qu'elle utilise, ce qui permettra d'évaluer la quantité de plutonium théoriquement produite. Les Russes pourraient être fort intéressés par ce logiciel.

(Source : *Science*)

■ Neurologie Les mathématiques au secours des épileptiques

L'épilepsie est causée par un fonctionnement chaotique — et non pas anarchique — des neurones du cerveau. Pour le neurochirurgien Steven Schiff, de l'Université George Washington, la nuance est importante, car, dans ce contexte, il serait possible d'utiliser la théorie mathématique du chaos pour prévoir les crises et, surtout, les éviter. Le traitement consisterait à exciter électriquement certains neurones juste au bon moment, afin de régulariser le fonctionnement du cerveau et de l'empêcher d'adopter un régime chaotique.

(Source : *Science*)

■ Archéologie Les sédiments au peigne fin

L'archéologie est une science qui se précise. Une nouvelle méthode de fouilles que vient de mettre au point l'archéologue Rob Bonnischen, de l'Université de l'Oregon, permet de passer au crible les sédiments recueillis sur les sites de recherche. Sur les conseils du spécialiste de l'étude des sols Marvin Beatty, de

l'Université du Wisconsin, Rob Bonnischen a baigné des sédiments dans une solution d'hexamétaphosphate de soude (un petit cousin du détersif à vaisselle). Tamisés selon les méthodes de fouilles habituelles, ces sédiments étaient censés ne plus rien contenir d'intéressant. En filtrant la décoction, l'archéologue a découvert une quantité phénoménale de minuscules déchets organiques (cheveux, poils, écailles de poissons, ailes d'insectes), des indices qui peuvent éventuellement être révélateurs et qui passaient jusqu'ici inaperçus.

(Source : *Science*)

■ Environnement Une auto qui fait de l'air

Les mécanos de la société Pneumacom, de Joplin, au Missouri, ont construit un petit véhicule urbain qui ne pollue vraiment pas. *Spirit of Joplin* est une Chevrolet Sprint 1988 dont on a remplacé le moteur, la boîte de vitesses et le réservoir d'essence par deux petits moteurs pneumatiques alimentés par trois bouteilles d'air comprimé semblables à celles que l'on utilise pour la plongée sous-marine. Ainsi équipée, la bagnole roule deux heures et demie à 60 km/h et son tuyau d'échappement ne rejette que de l'air. Comme idée, c'est gonflé !

(Source : *New Scientist*)

■ Chirurgie Un frein à la resténose

Lorsqu'un patient cardiaque subit un pontage ou une angioplastie, le bénéfice qu'il en reçoit est parfois de courte durée parce que les cellules qui tapissent ses artères réagissent à ce dérangement en se multipliant de manière quelque peu anarchique. Ce rebouchage se nomme resténose. Pour y mettre un frein, une équipe médicale de l'Université du Michigan vient d'expérimenter, sur des porcs, une nouvelle technique prometteuse. Le traitement consiste à injecter dans les artères menacées un adénovirus (semblable à ceux qui nous font éternuer) modifié pour transmettre aux cellules de la paroi un gène qui code la fabrication d'une enzyme. Cette enzyme fait en sorte que les cellules deviennent réceptives à un médicament antiviral, le ganciclovir, qui a pour effet de freiner leur multiplication.

(Source : *Science*)

À l'agenda

Au Planétarium de Montréal

Les quatre saisons du ciel

Sur des airs de Vivaldi, les animateurs du Planétarium nous présentent un aperçu des principaux événements astronomiques qui nous attendent en 1995. Jusqu'au 27 novembre 1994, (514) 872-4530.

Au Biodôme de Montréal

L'envers du décor

À partir du 5 novembre, le Biodôme nous propose de découvrir son arrière-scène. Et toute la technologie qui permet de maintenir l'équilibre des écosystèmes de l'arche de verre. À 15 h tous les jours, 5 \$ par personne, (514) 868-3000.

La nature de l'île d'Anticosti

Une exposition de photographies sur la flore et la faune de l'île d'Anticosti. Jusqu'au 9 janvier 1995.

Au Musée de l'Amérique française à Québec

L'électricité : un coup de foudre

L'histoire d'une source d'énergie dont nous pourrions difficilement nous passer. Jusqu'au 28 mai 1995, (418) 692-2843.

À la Maison Léon-Provancher à Cap-Rouge

Nature passionnée, feu sacré, 1820-1892

Une exposition sur la vie et la passion de Léon Provancher, écologiste avant l'heure. Jusqu'au 4 décembre 1994, (418) 650-7785.

Au Musée de la civilisation de Québec

Forêt verte, planète bleue

Sur les problèmes environnementaux qui assaillent le globe. Jusqu'au 16 avril 1995, (418) 643-2158.

Au Centre muséographique de l'Université Laval à Québec

L'Univers, la Terre, la vie, l'homme

Un gros programme ! Jusqu'au 30 juin 1995, (418) 656-7111.

Cancer

L'étai se resserre



La bataille contre le cancer n'est pas gagnée. Et elle est encore loin de l'être comme en témoignent les plus récentes statistiques décrivant les ravages du

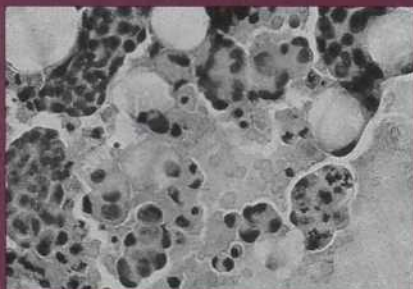
cancer. Il y a toutefois des espoirs.

Les oncologues ont changé leur stratégie d'attaque, un résultat des progrès en biologie moléculaire. Ils prennent de nouveaux paris : celui de la chimioprévention, celui de la



thérapie génique, celui de comprendre le fonctionnement des cellules délinquantes.

Les journalistes de *Québec Science* nous conduisent sur ces nouveaux fronts.



Ceux qui régressent, ceux qui progressent

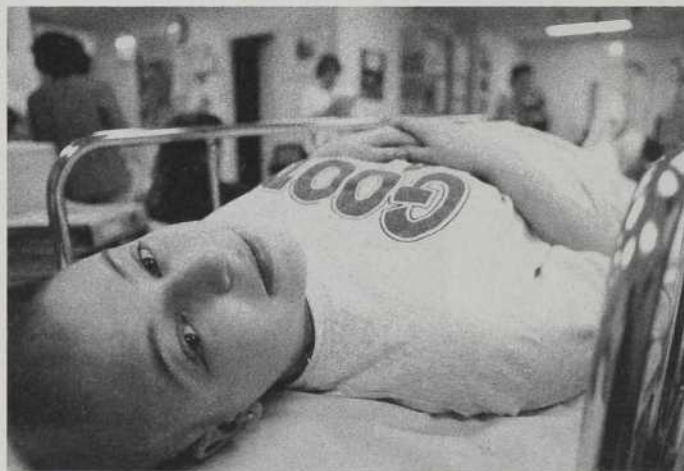
Même si on combat de mieux en mieux le cancer, plus de gens en sont atteints que dans le passé et plus de gens en meurent. Une véritable guerre de tranchées.

par Gilles Drouin

« Un Québécois sur trois connaîtra le cancer dans sa vie. » Ce message de la Fondation québécoise du cancer frappe fort. Mais il frappe juste. En Amérique du Nord, le cancer vient au deuxième rang des causes de mortalité, derrière les maladies cardiovasculaires. Cette année, plus d'un décès sur quatre sera l'œuvre d'une forme ou l'autre de cancer.

Malgré les efforts de recherche colossaux, la lutte contre le cancer conserve des allures de guerre de tranchées, statique et meurtrière. De façon globale, nous en sommes sensiblement au même point qu'il y a 30 ans, admet volontiers le médecin et épidémiologiste Jean-François Boivin, du département d'épidémiologie et de biostatistique de l'Université McGill. « Nous gagnons des points d'un côté, nous en perdons de l'autre. »

C'est du côté des jeunes, les moins de 14 ans, et des jeunes adultes que l'on observe les plus grandes améliorations. Au cours des 20 dernières années, le taux de mortalité a diminué pour l'ensemble des cancers, dont la leucémie, le cancer de l'encéphale et la maladie de Hodgkin (lymphomes). Par contre, le taux d'incidence (le nombre de nouveaux cas) augmente, sauf en ce qui concerne le cancer du col de l'utérus. En



Laurent Leblanc

Patient à l'Hôpital de Montréal pour enfants. Les jeunes sont plus souvent atteints de cancer qu'il y a 20 ans.

somme, les jeunes meurent moins du cancer, mais en sont plus souvent atteints.

Pour l'ensemble de la population, les bonnes nouvelles sont plus rares. Chez les hommes, le taux de mortalité est relativement stable pour des cancers fréquents comme celui du poumon, du côlon, du rectum et de la vessie. C'est le cancer de l'estomac qui accuse la baisse la plus marquée, tant pour la mortalité que pour l'incidence. Par contre, selon Statistique Canada, les taux d'incidence du lymphome et du mélanome sont en hausse et celui du cancer de la prostate, en pleine ascension.

Chez les femmes, les taux d'incidence et de mortalité des cancers du col et du corps de l'utérus, de l'estomac, de l'ovai-

re, du côlon et du rectum piquent du nez légèrement. Ces cas de mélanome, chez les femmes, sont plus fréquents, mais n'ont rien de comparables avec le cancer du sein, connu depuis la Grèce antique, qui fait toujours plus de victimes même si son taux de mortalité semble vouloir se stabiliser. Par contre, les prévisions de Statistique Canada indiquent que le cancer du poumon devrait remporter le titre de champion toutes catégories dès cette année.

Poumon, sein, prostate, côlon : associés au cancer, ces noms devraient vous faire frémir, car, à eux seuls, ils constituent un peu plus de la moitié des nouveaux cas annuels de cancer. L'implacable cancer du poumon est un véritable tueur

en série : en 1991, au Québec, il a fauché la vie de plus du tiers des hommes atteints de cancer et un peu moins du cinquième des femmes. « Il est encore très difficile de diagnostiquer le cancer du poumon suffisamment tôt pour sauver la vie du patient », explique le docteur Jacques Cantin, chirurgien-oncologue à l'Hôtel-Dieu de Montréal.

Relativement stable chez les hommes, le cancer du poumon connaît une augmentation vertigineuse chez les femmes, un changement majeur dans les statistiques sur le cancer des dernières années. Ces chiffres révèlent simplement que les femmes, qui ont commencé à fumer de façon importante après les hommes, commencent à subir les contrecoups du tabagisme. Sur le rôle de la cigarette, il y a unanimité dans la communauté scientifique : « Éliminez la cigarette et vous aurez une réduction de l'ordre de 33 % de tous les cas de cancer et de 90 % de ceux du poumon », soutient le docteur Jean-François Boivin. « Malheureusement, note Jacques Cantin, les jeunes femmes de 15 à 25 ans constituent un groupe de la population où il y a une augmentation du nombre de fumeuses. »

Même s'ils sont moins fréquents, les cancers du pancréas, du foie et du cerveau

fauchent encore bien des vies. Ici encore, la difficulté d'un diagnostic précis et précoce limite l'espérance de vie des personnes atteintes. « Dans le cas du cerveau, ajoute Jacques Cantin, il faut pratiquement oublier la chirurgie. »

Le mélanome, considéré comme un cancer rare il y a moins de 25 ans et associé surtout aux fermiers et aux marins, est de plus en plus fréquent. « Il est toutefois exagéré de lier les cas actuels à la diminution de la couche d'ozone, soutient le docteur Jacques Cantin. Les études tendent plutôt à incriminer les sérieux coups de soleil pris en bas âge par les personnes à risque, principalement les blonds et les roux à la peau claire. » Toutefois, la controverse entourant les conséquences pour la santé humaine de l'amincissement de la couche d'ozone a probablement incité les gens à plus de vigilance. « Nous opérons beaucoup de gens avec des mélanomes au stade précoce », précise le docteur Cantin.

Mais les chiffres ne disent pas tout. Par exemple, au Canada, les étapes de progression du cancer ne sont pas considérées dans les statistiques. Des campagnes de dépistage ou d'éducation peuvent aussi contribuer fortement à l'augmentation rapide du nombre de nouveaux cas pour un cancer donné.

« Dans le cas du cancer de la prostate, il est possible que la publicité entourant les recherches sur le sujet, dont celles du docteur Fernand Labrie, explique une partie de la hausse de l'incidence », pense Michel Beaupré, statisticien au ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS).

Pour ce qui est du cancer du sein, le dépistage, l'âge de la femme au moment où elle a son premier enfant ainsi que le nombre moins élevé d'enfants par femme constituent trois hypothèses évoquées pour expliquer une partie de l'augmentation de l'incidence.

Les plus meurtriers cancers du pancréas et du poumon

Les meilleurs taux de survie

cancers des testicules (chez les hommes) et de la vessie (chez les femmes)

Taux de survie observé chez l'homme et la femme pour des cas de cancer déclarés en 1984, 1985 et 1986 (en pourcentage)

Localisation		Nombre de cas	% de survie				
			après 1 an	après 2 ans	après 3 ans	après 4 ans	après 5 ans
Estomac	H	1534	36	25	21	18	16
	F	928	41	30	25	23	21
Côlon	H	2697	66	54	48	43	39
	F	3337	68	58	51	47	44
Rectum	H	1977	72	59	50	44	39
	F	1547	72	61	53	48	44
Poumon	H	8899	32	20	16	14	12
	F	2813	38	26	21	19	18
Mélanome de la peau	H	321	75	68	62	56	51
	F	356	86	81	78	73	71
Pancréas	H	1065	14	8	6	5	4
	F	889	16	9	7	6	6
Vessie	H	2407	83	75	69	64	59
	F	891	84	79	79	79	78
Rein	H	1033	65	56	51	47	43
	F	703	68	62	60	59	57
Prostate	H	5203	80	70	60	53	47
Sein	F	8780	89	82	76	70	65
Col de l'utérus	F	1176	87	80	73	72	70
Corps de l'utérus*	F	1883	89	83	79	76	73
Testicule	H	251	92	86	84	82	80

Source: MSSS, *La survie reliée au cancer*, étude des nouveaux cas déclarés au Québec au cours des années 1984, 1985 et 1986. Avril 1993.

Ce tableau présente, pour différents cancers, les taux de survie des personnes chez qui les médecins ont diagnostiqué un cancer en 1984, 1985 ou 1986. Il indique, par exemple, que 65 % des femmes ayant un cancer du sein déclaré à un moment de ces trois années n'étaient pas décédées après cinq ans. Il s'agit de données réelles. Les personnes décédées pendant la période concernée ne sont pas nécessairement toutes décédées des suites de leur cancer. Il est important de retenir que ces pourcentages sont des moyennes. Compte tenu que la survie des personnes atteintes d'un cancer dépend du stade de la maladie au moment du diagnostic, ces taux ne constituent donc pas une estimation exacte de l'espérance de survie pour chaque cas de cancer. Enfin, étant donné que ces taux de survie concernent la période de 1984 à 1991, ils ne constituent pas une évaluation juste de l'espérance de vie des gens atteints d'un type de cancer à une date ultérieure, lesquels pourraient bénéficier d'une amélioration des moyens thérapeutiques.

« Dans l'ensemble, nous ne comprenons pas très bien ce qui explique l'accroissement du nombre de cas », souligne Jacques Brisson du Groupe de recherche en épidémiologie de l'Université Laval. De la même façon, les cancers de la peau sans mélanome, également appelés baso-cellulaires, ne sont pas comptabilisés parmi les nouveaux cas de cancer, notamment parce qu'ils ne nécessitent pas d'hospitalisation. Selon l'estimation de Statistique Canada, il y aurait eu près de 60 000 cas de ce type de cancer en 1994.

Même si les statistiques permettent d'établir un portrait relativement juste de la situa-

cas d'exposition en usine à certaines substances, comme l'amiante et les polyvinyles, de même qu'en ce qui concerne le soleil et le cancer de la peau. Jacques Brisson estime cependant que de nombreuses études épidémiologiques restent à faire pour clarifier le rôle joué par l'alimentation, la pollution ou encore l'hérédité. Une chose est certaine toutefois : le vieillissement de la population contribuera sans l'ombre d'un doute à une augmentation du nombre de cas et du taux de mortalité associé au cancer.

« Déjà, une partie de l'augmentation des nouveaux cas de cancer est liée au vieillisse-



Laurent Leblanc

tion, il reste aux oncologues et aux épidémiologistes à comprendre les raisons derrière les fluctuations parfois dramatiques des taux d'incidence et de mortalité. Bien sûr, le dépistage précoce et l'amélioration des traitements peuvent expliquer un certain nombre de choses, mais pas toutes. « À l'exception d'un rapport de causalité assez évident entre la consommation de tabac et le cancer du poumon, dit Jacques Brisson, les études montrent surtout des tendances et des corrélations. » Le dossier de l'accusation comporte des preuves accablantes dans le

ment de la population », souligne Jacques Brisson. Selon le MSSS, plus de 56 % des nouveaux cas de cancer se manifestent chez les 65 ans et plus, un groupe qui forme actuellement 11 % de la population. Et dans une dizaine d'années, près de 16 % des Québécois et des Québécoises auront plus de 65 ans. Nos voisins américains nous donnent déjà un aperçu de ce qui nous attend : selon des chiffres parus dans le *Journal of National Cancer Institute*, les plus de 65 ans constituent aujourd'hui les deux tiers des décès causés par le cancer. ●

Chimioprévention

Tuer le cancer dans l'œuf

Des médicaments à base de vitamine A pourraient prévenir le cancer. Surprenant ? Deux chercheurs québécois tentent actuellement de le prouver.

par Isabelle Montpetit

Les patients du docteur Joseph Ayoub ont tous le cancer du poumon. Dans près de 90 % des cas, c'est la cigarette qui en est responsable. À force d'être exposées à la fumée du tabac, certaines cellules de leurs poumons ont subi des mutations qui les ont peu à peu rendues cancéreuses. À ce stade de la maladie, on sait que 85 % d'entre eux en mourront.

Mais si on pouvait intervenir avant que leurs cellules deviennent cancéreuses, on en sauverait sûrement un plus grand nombre.

C'est ce qu'on arrivera peut-être à faire grâce à une nouvelle approche en recherche clinique sur le cancer : la chimioprévention. On connaît déjà la chimiothérapie, qui repose sur l'administration de doses massives de médicaments pour détruire les cellules cancéreuses. Avec la chimioprévention, qui utilise des médicaments à titre préventif, le docteur Ayoub et son collègue Ted Bradley, tous deux de l'Institut du cancer de Montréal, pensent pouvoir un jour tuer le cancer du poumon au début de son développement. L'étouffer avant même que se manifestent les premiers symptômes.

Le problème, c'est que les médicaments chimiopréventifs ont souvent des effets secondaires importants. Et qu'il est

difficile d'identifier les personnes qui risquent vraiment d'avoir le cancer du poumon. En conséquence, on ne peut se permettre d'administrer des médicaments chimiopréventifs au hasard sans risquer de causer plus de mal que de bien ! Or, Ted Bradley a fait une découverte qui permettra peut-être de cerner avec précision les gens qui sont sur la voie de développer certaines formes de cancer du poumon.

Avant de devenir cancéreuses, les cellules subissent plusieurs transformations. D'abord, une inflammation permanente suivie d'une modification de leur forme, qui devient irrégulière. À ce stade, on dit que les cellules sont dysplasiques. Mais, si l'effet irritant de la fumée de cigarette persiste, les cellules peuvent subir des changements morphologiques monstrueux. C'est à ce moment qu'elles deviennent cancéreuses. « Une cellule cancéreuse ne peut plus revenir en arrière, explique Joseph Ayoub. Et comme il est impossible de la guérir, il ne reste plus qu'un choix : la tuer. »

Une des mutations des cellules pulmonaires cancéreuses s'attaque à un gène particulier : le récepteur de l'acide rétinolique. Dans le jargon des chercheurs, on appelle ce gène RAR-2. À cause de cette muta-

tion, RAR-2 cesse de fonctionner. Et devient donc un marqueur moléculaire des cellules cancéreuses.

Selon l'hypothèse de travail des deux chercheurs, RAR-2 serait défectueux dès que les cellules sont dysplasiques. Ce serait cette défectuosité qui pourrait être le déclencheur du cancer.

Si leur hypothèse est exacte, il suffirait donc de « rallumer » RAR-2 pour renverser la tendance vers le cancer du poumon. Or, il existe une substance qui stimule RAR-2 lorsqu'on l'administre à des cellules cultivées en laboratoire : c'est l'acide rétinoïque, une des formes de la vitamine A. Et lorsque RAR-2 est « rallumé », les cellules perdent leurs propriétés cancéreuses.

La vitamine A a donc un effet préventif sur ces cellules. Du moins *in vitro*.

Mais a-t-elle le même effet chez de vraies personnes en chair et en os ? Pour le savoir,



Laurent Leblanc

les oncologues Joseph Ayoub, Jean Viallet et André Cormier ont entrepris récemment une étude clinique auprès de fumeurs affligés de bronchite chronique.

Ces patients doivent régulièrement subir une bronchoscopie, un examen où on glisse un appareil dans les poumons pour observer les bronches. Le docteur Ayoub et ses confrères ont donc obtenu la collaboration de plusieurs pneumologues pour prélever quelques cellules pulmonaires durant la

bronchoscopie. On vérifie ensuite si RAR-2 est actif ou non. Si le gène est inactif dans des cellules précancéreuses, le patient peut rejoindre l'étude clinique. Mais, pour cela, il doit arrêter de fumer.

Le protocole employé pour la recherche est un classique du genre. La moitié des patients reçoivent de la vitamine A, l'autre moitié un placebo. Et ni les patients, ni leurs médecins ne savent qui reçoit la vitamine A ou le placebo. Après un an, on prélève de nouveau des cellules

pulmonaires et on vérifie si RAR-2 est plus actif chez ceux qui ont pris de la vitamine A. Après trois ans, on comparera l'incidence de cancer du poumon dans les deux groupes.

De la simple vitamine A contre un cancer aussi sérieux que celui du poumon ?

On croirait lire une des innombrables études épidémiologiques dont les quotidiens nous abreuvent et qui se contredisent. « La plupart des études épidémiologiques ont toutes sortes de biais, précise Joseph Ayoub. Mais la nôtre est unique parce qu'elle utilise un marqueur moléculaire, qui nous permet de cibler très précisément la population à risque. »

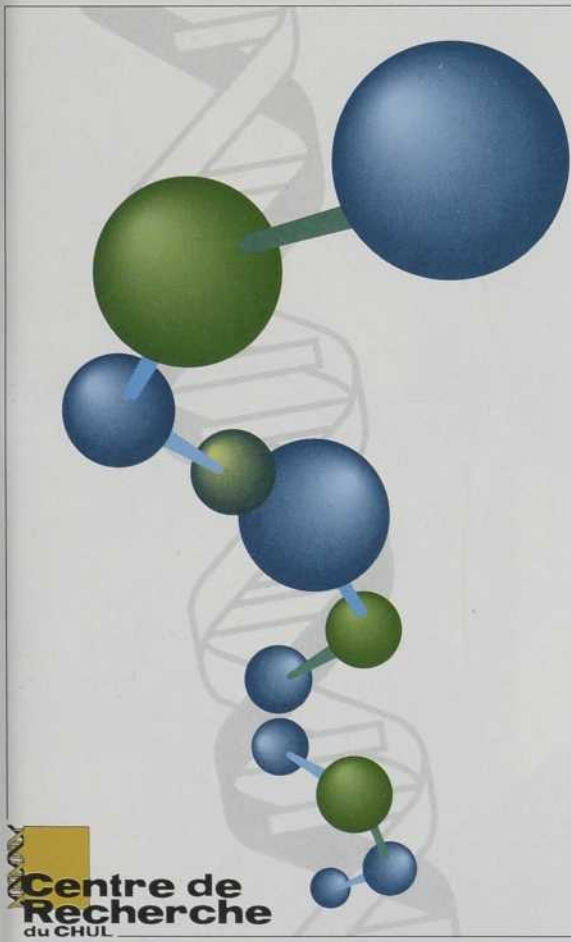
Pour le moment, l'étude est encore au stade préliminaire. Mais si l'hypothèse des docteurs Bradley et Ayoub se confirme, on aura réussi à interrompre l'évolution des cellules du poumon vers l'état de cellules cancéreuses. ●

DE LA RECHERCHE FONDAMENTALE À LA THÉRAPEUTIQUE

Grâce au savoir-faire et à l'expertise de ses chercheurs, à ses équipements de pointe, à la qualité de la formation qu'on y dispense, le Centre de recherche du CHUL offre un milieu unique au Québec où la recherche fondamentale et appliquée ainsi que le partenariat sont favorisés.

Le Centre de Recherche du CHUL

À LA POINTE DE LA RECHERCHE BIOMÉDICALE DANS LE MONDE



**Centre de
Recherche
du CHUL**

Joseph Ayoub Institut du cancer de Montréal

Dans l'antichambre du bureau de Joseph Ayoub, un esprit facétieux a affiché cette boutade : « À cause de la situation économique, la lumière au bout du tunnel est éteinte jusqu'à nouvel ordre. » Puis, juste en dessous, l'oncologue, un homme profondément croyant, a répliqué : « La lumière est toujours allumée pour ceux qui ont la foi. »

Joseph Ayoub a longtemps pratiqué la médecine comme spécialiste en oncologie. Ce n'est qu'en 1982, au moment où il fait la connaissance de René Simard, alors directeur de l'Institut du cancer de Montréal, que sa vie professionnelle a pris un nouveau tournant. « C'est lui qui a stimulé mon intérêt pour la recherche,

se rappelle Joseph Ayoub. Il m'a poussé à élaborer des protocoles de recherche à partir des questions scientifiques que je me posais. Auparavant, je me contentais de participer aux études cliniques en fournissant des malades. »

Aujourd'hui, la recherche occupe la première place dans l'agenda de Joseph

Ayoub même s'il consacre toujours 40 % de son temps à ses patients. « Ma devise, c'est : guérir parfois, soulager souvent, reconforter toujours. » Et son principal objectif comme chercheur est d'amener des résultats au chevet du malade le plus rapidement possible.

Joseph Ayoub s'est d'abord intéressé au cancer de l'endomètre. « Mais quand j'ai constaté qu'on ne réussissait à sauver que 15 % des gens atteints du cancer du poumon, ça m'a hanté, se rappelle-t-il. Et puis, j'en avais assez de dire à mes malades " Tu vas aller mieux ", et de me tromper. » C'est ce constat qui le pousse à entrer en contact avec Ted Bradley, qui faisait de la recherche fondamentale, et à lui suggérer de s'associer à lui pour trouver une façon d'améliorer la précision du pronostic du cancer du poumon.

C'est le début d'une longue collaboration. Et d'une synergie féconde. En 1992, Ted Bradley identifie un marqueur moléculaire clé, puis Joseph Ayoub met au point un protocole de recherche clinique. Aujourd'hui, le protocole est accepté et financé. Et il ne reste plus qu'à attendre les résultats.

La découverte d'un marqueur moléculaire du cancer du poumon lui permet également d'envisager plusieurs autres études cliniques, par exemple avec des agents chimiothérapeutiques. « J'ai le sentiment d'accomplir une mission, dit-il en souriant. C'est un travail très éprouvant, mais je suis heureux et je dors bien. Et j'ai du plaisir à accomplir cette mission parce que je suis mû par une force intérieure. »

Isabelle Montpetit



Laurent Leblanc

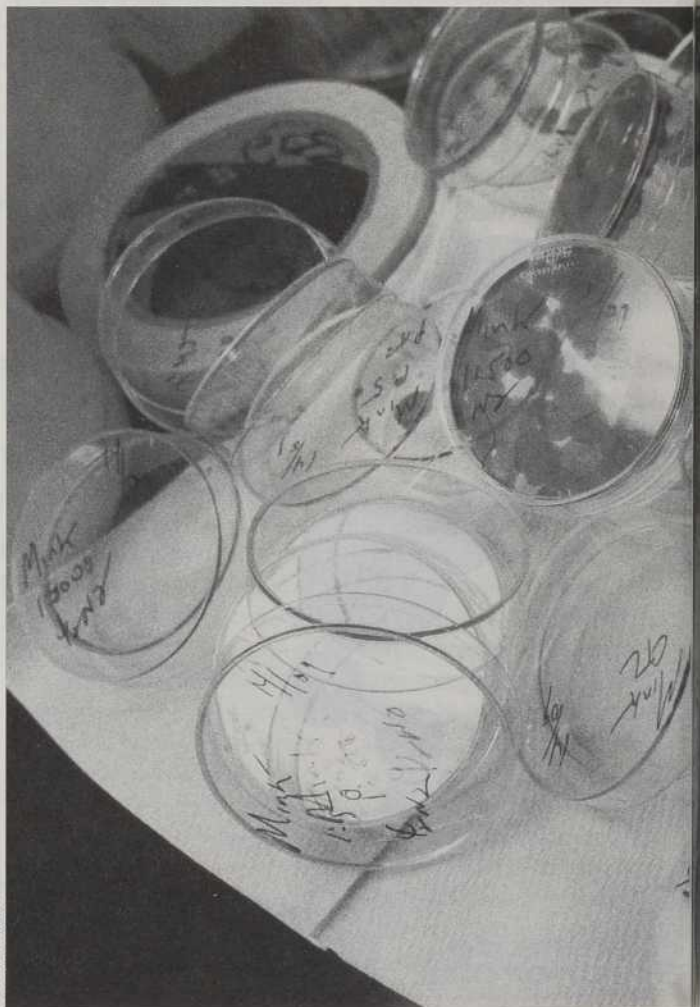
Gardiens de cellules

L'oncogène et l'anti-oncogène forment une paire et leurs actions sont indissociables. Séparez-les, tout se dérègle.

par Stéphan Dussault

De la pousse des cheveux à la croissance chez les adolescents, l'oncogène a un rôle majeur dans le développement de l'organisme. Assigné à un muscle, un os ou un organe, il est l'un des opérateurs du développement. Mais il peut parfois troubler en pro-

fondeur l'activité normale de la cellule qui pourra alors se multiplier anormalement. C'est pourquoi notre corps fabrique également des anti-oncogènes, qui ont pour mission d'empêcher la croissance désordonnée des cellules. Leur absence peut causer un can-



Laurent Leblanc

cer, car, les oncogènes ayant la voie libre, la cellule peut se reproduire de façon anarchique. Tout est une question d'équilibre, donc.

Plusieurs facteurs peuvent contribuer à la « panique » des oncogènes ou à la léthargie des anti-oncogènes. Un produit chimique ou un virus qui bouscule l'oncogène, un mécanisme génétique de réparation endommagé ou une exposition à des radiations ambiantes sont autant d'éléments qui activent spontanément l'oncogène ou endorment l'anti-oncogène. À partir de là, la mécanique du cancer s'enclenche à une vitesse prodigieuse et, en quelques semaines seulement, une tumeur peut contenir un milliard de cellules.

La plupart du temps, notre corps peut endiguer le mal avant qu'il se propage. Pour les verrues ou les petits amas cellulaires, le bistouri du chirurgien est suffisant. Mais lorsque certaines cellules réussissent à envahir une autre partie du corps, le problème devient plus sérieux.

Cela dit, l'activation d'un seul oncogène n'est pas suffisante pour provoquer un cancer. « On parle d'au moins

cinq événements, comme l'activation de quatre oncogènes et l'inactivation d'un anti-oncogène, affirme le docteur Paul Jolicœur, de l'Institut de recherches cliniques de Montréal. Il semble aussi que l'ordre dans lequel les oncogènes sont mutés n'est pas important. C'est l'addition totale des mutations qui fait qu'une cellule devient de plus en plus maligne. »

Dernièrement, plusieurs groupes de recherche d'un peu partout dans le monde ont découvert que, pour briser le cycle, il suffit de désactiver un seul de ces gènes et non pas les cinq. C'est là un tournant majeur. Et depuis, c'est la course folle pour mettre le doigt sur le plus d'oncogènes possible.

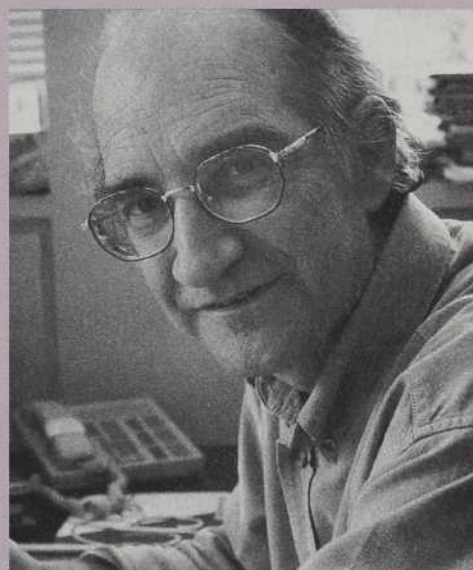
On en dénombre aujourd'hui une centaine, sans compter quelques dizaines d'anti-oncogènes, soit quatre fois plus qu'en 1992. Mieux encore, on connaît les plus meurtriers. L'ennemi n° 1 des oncogènes se nomme « ras » et on le retrouve dans plus du tiers des cancers. Chez les anti-oncogènes, p53 est présent dans la moitié des cancers.

Jusqu'à tout récemment, la recherche se limitait à tenter d'identifier

d'autres gènes du cancer et à comprendre le fonctionnement des gènes déjà connus. « Le but ultime, c'est de trouver un produit qui va réussir à s'attaquer à l'oncogène activé sans toucher à celui qui a sa forme normale, explique Paul Jolicœur. De cette façon, on pourrait éviter les effets secondaires comme la perte de cheveux ou les nausées. »

L'an passé, des chercheurs de la compagnie pharmaceutique Merck Frosst ont réussi le test sur des souris. Ils ont bloqué l'oncogène « ras » activé et résorbé la tumeur sans affecter les cellules normales. Mais, avant de tenter l'expérience sur les êtres humains, il y a encore plusieurs étapes à franchir. On parle d'un délai d'une dizaine d'années, si tout va bien. « On ne veut pas donner de faux espoirs à personne, mais c'est très encourageant, affirme Paul Jolicœur. Jamais on ne s'était rendu aussi loin. » ●

Sur le front...



Laurent Leblanc

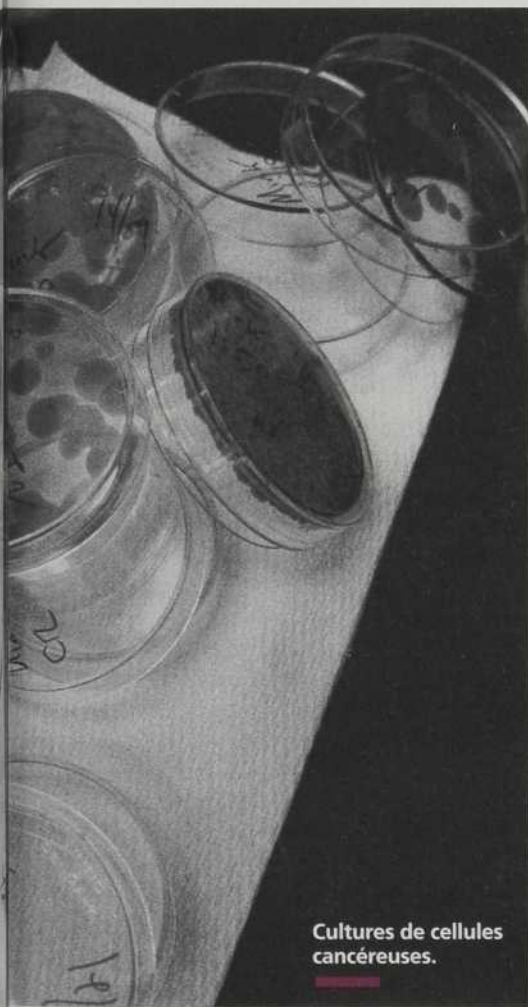
Paul Jolicœur Institut de recherches cliniques de Montréal

Paul Jolicœur, de l'Institut de recherches cliniques de Montréal, s'acharne depuis 15 ans sur les rétrovirus, l'une des quatre grandes causes du cancer. « Contrairement à d'autres virus, ceux-ci ne tuent pas la cellule, mais s'intègrent dans le bagage génétique, dit-il. À partir de là, la cellule peut se multiplier de façon démesurée. »

Le chercheur tente actuellement de déboucher les gènes qu'il qualifie « d'irresponsables ». Et particulièrement les oncogènes autres que « neu », c'est-à-dire celui qu'on retrouve dans 40 % de ces cancers. « On insère des rétrovirus chez des souris pour tenter de trouver les oncogènes et anti-oncogènes collaborant avec « neu », explique-t-il. De cette façon, on espère pouvoir en détecter un qui sera plus facile à neutraliser. » En sachant comment ces gènes s'activent, un autre groupe de recherche pourra éventuellement prendre le relais et tenter de développer un produit pour les inhiber.

De telles recherches peuvent déborder le champ du cancer, croit Paul Jolicœur. « Plusieurs autres maladies liées au développement sont causées par des oncogènes mutés d'une façon différente. Ces gènes-là sont tellement fondamentaux qu'une découverte pour le cancer en serait une pour toute la biologie. »

Stéphan Dussault



Cultures de cellules
cancéreuses.

Une question d'hormones

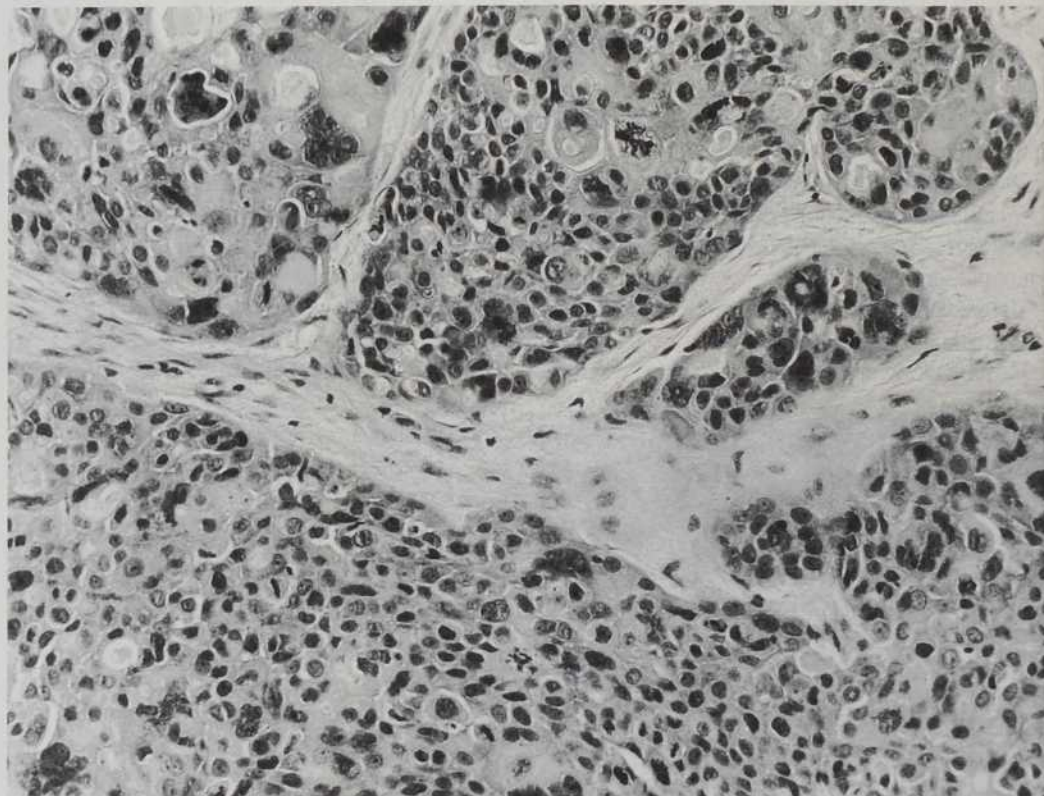
Depuis 25 ans, le docteur Fernand Labrie et son équipe marquent des points contre deux des plus grands démons du monde moderne : le cancer du sein et celui de la prostate. Fernand Labrie a aussi inauguré une nouvelle discipline médicale : l'intracrinologie.

par Valérie Borde

Divers cancers, dont celui de la prostate, qui touche 1 homme sur 11, et celui du sein, auquel 1 femme sur 9 sera confrontée au cours de sa vie, sont stimulés par les hormones sexuelles. De quelle façon ? C'est la question à laquelle s'intéresse depuis 25 ans le Centre de recherche en endocrinologie moléculaire du Centre hospitalier de l'Université Laval (CHUL), dirigé par le docteur Fernand Labrie.

Vingt-cinq ans de travail qui ont permis de dégager plusieurs grandes avenues de recherche. « Nous savons maintenant que pour être efficaces, les traitements doivent tenir compte du fait que les hormones sexuelles ne viennent pas seulement des testicules ou des ovaires mais également des glandes surrenales », explique le chercheur.

En effet, ces glandes situées au-dessus des reins sécrètent trois molécules – le DHEA, le DHEA-S et l'androsténone – qui sont transportées par le sang à l'intérieur des cellules de tissus périphériques, comme la prostate, les seins et la peau. Par la suite, les molécules sont transformées par des enzymes en androgènes ou en œstrogènes. Et ce sont ces hormones sexuelles formées en périphérie qui sont en grande partie responsables de la stimulation des cancers du sein, des ovaires, de l'utérus et de la prostate, affirme Fernand Labrie.



Biopsie d'un cancer du sein.

Baptisée intracrinologie par l'équipe du CHUL, l'étude des phénomènes hormonaux périphériques part du principe que chaque tissu du corps humain forme ses propres hormones et qu'il est capable de les contrôler en faisant agir différentes enzymes. C'est donc en agissant directement sur ces enzymes qu'il devient possible de contrer la propagation de la maladie. « Pour l'instant, nous concentrons nos efforts sur les cancers du sein et de la prostate, les plus

meurtriers et les plus hormonaux-dépendants, dit le chercheur. Mais l'intracrinologie pourrait avoir bien d'autres débouchés dans l'avenir. »

Le laboratoire du CHUL travaille entre autres choses sur la structure et le mode d'action des enzymes participant à ces transformations périphériques. Cette approche a déjà fait ses preuves pour le cancer de la prostate avec la thérapie combinée mise au point en 1982 par le docteur Fernand Labrie. Aujourd'hui, la plupart des enzymes responsables de la transformation des hormones présentes dans la prostate sont

connues, et la structure du gène à l'origine de la formation de testostérone serait sur le point d'être élucidée par le laboratoire.

En matière de cancer du sein, cependant, les recherches sont moins avancées. « Même si on connaît déjà l'enzyme et le gène correspondant à la transformation de l'androsténone en estrane et si nous avons récemment découvert les responsables du passage de l'estrane à l'estradiol, il reste encore beaucoup à faire. »

Cela dit, son équipe a été la première à démontrer que les androgènes inhibent la crois-

sance des cellules cancéreuses dans le sein. Le résultat : maintenant, les traitements pour ce type de cancer combinent des anti-œstrogènes et des androgènes.

« Nous nous intéressons aussi aux différentes protéines engagées dans le cycle de multiplication des cellules cancéreuses. La prochaine étape consistera à relier l'action des hormones à des sites cibles dans l'ADN de ces cellules. » À ce sujet, Fernand Labrie est optimiste : « D'ici 10 ans, la thérapie génique devrait permettre d'agir sur les gènes pour bloquer l'action des enzymes ou pour stopper le cycle de multiplication des cellules cancéreuses. »

Parallèlement à ces recherches, le laboratoire du CHUL travaille à l'amélioration des techniques de dépistage du cancer de la prostate. Le cancer de la prostate a toujours été difficile à détecter à un stade précoce parce que ceux qui en sont atteints présentent habituellement peu de symptômes. Dans les trois quarts des cas, la maladie n'est diagnostiquée que lorsque les cellules cancéreuses ont déjà migré à l'extérieur de la prostate, le plus souvent dans les os. À ce stade, les traitements ne peuvent que retarder l'inexorable.

En 1988, le laboratoire du CHUL a lancé la première campagne de dépistage systématique du cancer de la prostate. Utilisant une technique mise au point aux États-Unis en 1980 — le test APS (antigène prostatique spécifique), qui

permet de détecter un très faible taux de cellules cancéreuses dans la prostate grâce à une simple prise de sang —, l'équipe de Fernand Labrie a testé 8 000 hommes choisis au hasard.

En plus de démontrer l'efficacité du test, l'étude a permis de distinguer les personnes qui ont une chance sur cinq de développer un cancer de celles qui n'en ont qu'une sur 100. Dorénavant, seuls les premiers subissent un toucher rectal et une échographie pour confirmer ou non la présence de cellules cancéreuses. « S'il était pratiqué systématiquement sur les hommes âgés de plus de 50 ans, dit Fernand Labrie, ce test permettrait de sauver 80 % des personnes atteintes de ce cancer. »

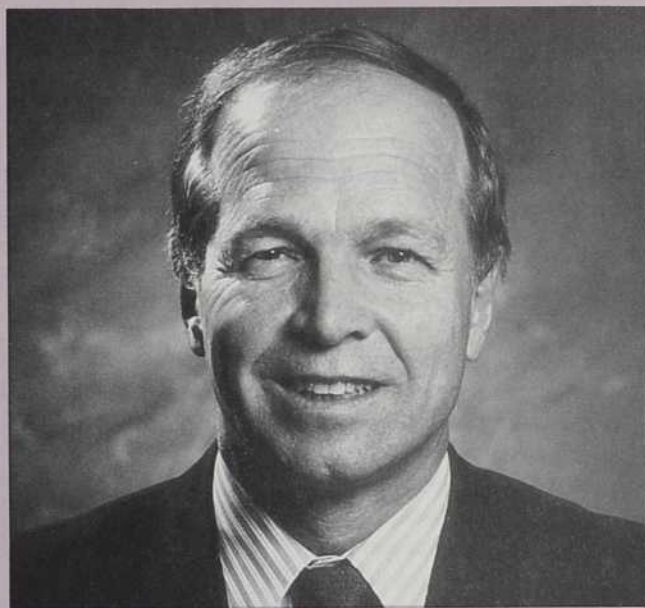
L'équipe du CHUL a également innové en matière de traitement des cancers détectés à un stade précoce. On savait déjà que, dans 40 % des cas, l'ablation de la prostate ne suffit pas à éliminer toutes les cellules cancéreuses, même à un stade précoce. Mais les chercheurs du CHUL ont découvert qu'en donnant aux patients durant les trois mois précédant l'opération le même traitement qu'ils ont développé pour le traitement des cancers avancés, ce taux diminuait à 10 %.

Autrement dit, en couplant ce traitement à l'ablation de la prostate, on aurait maintenant 90 % de chances d'éliminer un cancer détecté tôt. Une statistique tout à l'honneur de l'équipe du CHUL. ●

Une maladie ancienne

Le cancer est une maladie presque aussi vieille que l'humanité. Des traces de cancer ont été retrouvées sur des momies égyptiennes datant de 2 500 ans avant l'ère chrétienne. Hippocrate nomma la maladie 2 000 ans plus tard : « cancer » vient du grec *cancros* qui signifie « crabe ». Cela faisait référence à la douleur, comparable au pincement d'un crabe, que disaient ressentir les femmes atteintes d'un cancer du sein.

Sur le front...



Fernand Labrie Centre hospitalier de l'Université Laval

Les mécanismes d'action des hormones sexuelles dans le développement des tumeurs cancéreuses préoccupent le docteur Fernand Labrie depuis les tout premiers débuts de sa carrière. Directeur du Centre de recherche en endocrinologie moléculaire du Centre hospitalier de l'Université Laval, il démontre, en 1976, que des molécules agonistes de la LHRH, une hormone sécrétée dans l'hypophyse, peuvent bloquer la production d'androgènes par les testicules ou d'œstrogènes par les ovaires et ainsi cesser d'encourager la croissance des cellules cancéreuses. Une première scientifique qui sera un tournant pour le chercheur. À partir de cette découverte, son équipe développe une nouvelle catégorie de médicaments, aujourd'hui utilisées dans le monde entier, pour le traitement de plusieurs maladies dont les cancers du sein et de la prostate.

On n'arrête pas pour autant les travaux. En 1982, le docteur Labrie remarque que les glandes surrénales produisent également de très grandes quantités d'androgènes, qui continuent de stimuler la croissance des cellules cancéreuses dans la prostate, même après la castration chimique occasionnée par les molécules dites agonistes. Le chercheur met alors au point un autre traitement utilisant, en plus, un anti-androgène. L'application combinée des deux thérapies est devenue de nos jours le traitement standard. L'équipe du docteur Labrie s'attaque maintenant aux possibilités de traitement du cancer de la prostate à un stade plus précoce. Fervent défenseur d'un programme de dépistage systématique du cancer de la prostate, le chercheur considère que les techniques existantes sont efficaces et suffisamment peu onéreuses pour justifier cette offensive auprès des hommes de plus de 50 ans. « Les personnes qui s'opposent au dépistage oublient parfois qu'il s'agit de sauver des vies. »

Valérie Borde

La piste des mutantes

Les cellules sont dotées de mécanismes de défense naturels contre le cancer. Il suffit de les aider.

par Bruno Dubuc

Le cancer de monsieur X est traité avec succès grâce à la chimiothérapie. Plus tard, ce même monsieur X fait une rechute, et le médicament qu'on avait utilisée au départ s'avère maintenant totalement inefficace. Pire, la tumeur est invulnérable à tout un spectre de médicaments, ce qui rend la suite des traitements très difficile. Pas de doute, on a malheureusement affaire au phénomène de résistance. Un phénomène sur lequel travaille Philippe Gros.

« Quand j'étais au MIT, on a abordé le problème en cultivant *in vitro* des cellules cancéreuses résistantes et en les soumettant à des doses massives de médicaments », relate Philippe Gros. Le but de cet exercice : sélectionner les mutantes qui produisent des copies surnuméraires des gènes impliqués dans la résistance. Le même phénomène se produit d'ailleurs naturellement dans l'organisme soumis aux chimiothérapies, avec comme conséquence prévisible une



augmentation de la protéine que fabriquent ces gènes, la glycoprotéine-P.

C'est cette surabondance de

glycoprotéine-P qui empêche les médicaments de détruire les tumeurs. L'équipe du docteur Gros a voulu comprendre pourquoi. Les chercheurs ont d'abord identifié trois de ces gènes nommés respectivement *mdr1*, *mdr2* et *mdr3* (pour « multidrug-resistance »), qui produisent trois glycoprotéines-P légèrement différentes.

« Connaissant la séquence du gène, on a pu déduire l'enchaînement des acides aminés qui composent la glycoprotéine-P et tester certaines prédictions la concernant », explique le chercheur. Par exemple, Philippe Gros a identifié un

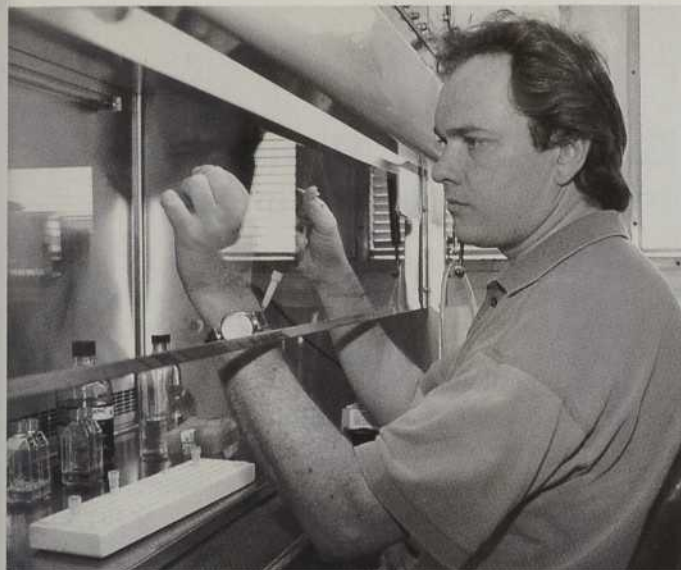
site d'ancrage de nucléotide qui suggère que la protéine a besoin d'ATP, le carburant énergétique de la cellule, pour fonctionner. Même chose pour les 12 domaines hydrophobes qui confirment que cette protéine est bien ancrée dans la membrane des cellules.

Mais la constatation la plus intéressante vient sans doute de la grande homologie qu'on a trouvée entre la séquence des gènes *mdr* et celle d'autres gènes qui ont acquis une grande notoriété comme le gène « *cfr* », impliqué dans la fibrose kystique. En fait, la glycoprotéine-P s'est soudainement

Attaque et contre-attaque

Chirurgie, chimiothérapie et radiothérapie sont apparues successivement dans l'histoire de la médecine et font l'objet de plus en plus de raffinements. La stratégie la plus couramment employée consiste à combiner deux ou plusieurs traitements. Par exemple, lorsque cela est possible, le chirurgien extirpe la tumeur détectée, et une chimiothérapie servira à traquer les métastases.

Une des difficultés majeures liée à la chimiothérapie est sans doute la résistance aux médicaments développée par les cellules cancéreuses. Ce phénomène serait responsable d'environ la moitié des échecs en chimiothérapie.



retrouvée chef de file d'une supercatégorie de transporteurs membranaires que l'on a appelée ABC (pour « ATP binding cassette »).

« L'étude simultanée de protéines semblables permet d'avancer beaucoup plus rapidement, souligne le chercheur. En ce qui nous concerne, cela nous a permis de proposer un modèle de fonctionnement pour la glycoprotéine-P, une question qui a toujours été très controversée. » Ce modèle, c'est celui d'une pompe qui refoule les substances toxiques à l'extérieur de la cellule.

Pour le tester, Philippe Gros a dû faire appel à certaines levures qui ont la particularité de produire d'innombrables petites vésicules toutes identiques. En réussissant à exprimer le gène *mdr2* de la glycoprotéine-P dans ces vésicules, l'équipe du docteur Gros a pu confirmer l'hypothèse d'un groupe hollandais selon laquelle la glycoprotéine-P contribue avant tout au transport des lipides.

Le docteur Gros a même réussi, grâce à son système de levures, à préciser la façon dont la glycoprotéine s'y prend pour sortir les lipides : en les basculant de l'intérieur vers l'extérieur de la membrane.

« Ce qu'on pense, c'est que les médicaments se font basculer essentiellement de la même façon. »

La beauté de l'affaire, c'est

que, effectivement, le seul point commun entre les différents médicaments affectés par la résistance est leur caractère liposoluble. Autrement dit, ils aiment les lipides et se concentrent dans la membrane lipidique. Or, la membrane des cellules cancéreuses résistantes est pleine à craquer de glycoprotéine-P...

De nouvelles approches thérapeutiques deviennent donc possibles grâce à ces connaissances. Divers composés capables de bloquer la glycoprotéine-P font actuellement l'objet d'essais cliniques et pourraient bien rendre aux chimiothérapies une bonne part de leur efficacité. ●



Laurent Leblanc

Sur le front...

Philippe Gros Université McGill

Il y a un an et demi, il faisait les manchettes en annonçant la découverte chez l'homme d'un gène de résistance aux maladies. Pour Philippe Gros, cela a été l'aboutissement de plusieurs années de travail sur la résistance naturelle aux infections chez la souris.

En fait, le sujet l'accapare depuis ses années universitaires. Il a d'ailleurs complété un post-doctorat à Harvard, aux États-Unis, sur l'endocrinologie moléculaire et un autre, alors qu'il était encore dans la vingtaine, à l'Institut de Technologie du Massachusetts (MIT). Il avait alors choisi, comme objet d'étude, la résistance des tumeurs cancéreuses aux médicaments de la chimiothérapie. Dans ce contexte, il a participé à l'identification puis au clonage du gène de la glycoprotéine-P.

Il travaille maintenant sur l'origine génétique des malformations du système nerveux.

Bruno Dubuc

Nicole Beauchemin Centre de cancérologie de l'Université McGill

De 12 à 13 heures par jour consacrées à la recherche, 6 jours et demi par semaine. Nicole Beauchemin, chercheuse au Centre de cancérologie de l'Université McGill, est pour le moins infatigable !

L'objet d'une telle dépense d'énergie : les antigènes carcino-embryonnaires, une famille de 29 protéines qu'on trouve en abondance à la fois chez les embryons et dans les cellules cancéreuses des adultes. Après le développement embryonnaire, ces protéines disparaissent presque complètement. Éventuellement, on voudrait s'en servir comme cibles pour diriger des produits toxiques vers les cellules cancéreuses.

« J'ai commencé à chercher ces antigènes chez la souris, mais, finalement, je suis tombée sur des protéines très différentes », raconte-t-elle. Ce qu'elle a trouvé, ce sont des glycoprotéines biliaires (BGP), des protéines qui se comportent tout à fait à l'inverse des antigènes carcino-embryonnaires. Elles sont abondantes chez les souris adultes normales, mais elles disparaissent dans les tumeurs. On croit qu'elles font partie d'un vaste mécanisme cellulaire qui empêche les cellules saines de devenir cancéreuses.

Si c'est le cas, on pourrait éventuellement développer un médicament qui stimulerait l'apparition des BGP dans les cellules cancéreuses, explique Nicole Beauchemin. Mais, pour en arriver là, il faudra encore plusieurs années de travail dans des dizaines de laboratoires.

Isabelle Montpetit

Michael Pollak Hôpital général juif de Montréal

Michael Pollak, professeur à l'Université McGill et médecin chercheur à l'Institut Lady Davis de l'Hôpital général juif de Montréal, fait partie d'un club de scientifiques encore restreint : il ne cherche pas tant à guérir le cancer qu'à le contrôler. Comme on parvient aujourd'hui à contrôler la haute pression ou le diabète.

« On ne guérit pas la haute pression, explique-t-il, mais elle n'est plus forcément une cause de mortalité. Les gens peuvent vivre avec ce problème pendant 20 ou 30 ans... et mourir de tout autre chose ! » Michael Pollak espère donc découvrir des médicaments qui permettront aux personnes atteintes du cancer de mener une vie presque normale.

En soi, son objectif est surprenant. Actuellement, tous les efforts tendent vers l'éradication complète de la maladie. C'est pourquoi les médicaments les plus courants visent à tuer les cellules cancéreuses. Sauf qu'en même temps ces substances toxiques s'attaquent aussi aux cellules saines et provoquent de violents effets secondaires : affaiblissement du système immunitaire, nausées, etc.

De plus, les traitements toxiques ne sont vraiment efficaces que pour les cancers les plus rares, rappelle Michael Pollak. Par exemple, avec ces traitements, le taux de guérison de la leucémie, de la maladie de Hodgkin et du cancer des testicules peut atteindre 50 %. Mais il n'est que de 10 % pour les cancers les plus courants, comme celui du poumon. De plus, à cause de la toxicité du traitement, on perd souvent plus que l'on gagne.

Déjà, deux substances non toxiques, qui ont la propriété de modifier le comportement des cellules cancéreuses au lieu de les tuer, ont fait leurs preuves en clinique. Les deux ont une action antihormonale.

La première, le tamoxifène, est utilisée assez largement depuis une dizaine d'années contre le cancer du sein. Elle diminue les chances de rechute après une chirurgie. Puis, il y a le flutamide, employé pour certains cas avancés de cancer de la prostate. Cette substance parvient à réduire de beaucoup les symptômes pendant un certain temps. « Les cellules cancéreuses ont une prolifération anormale, mais la majorité d'entre elles restent capables de répondre aux signaux du corps, explique Michael Pollak. Une substance comme le tamoxifène envoie un signal très puissant, qui rappelle en quelque sorte à la cellule son devoir normal. »

Au cours des deux dernières années, l'équipe du docteur Pollak a largement contribué à expliquer l'action du tamoxifène, ouvrant ainsi la porte au développement d'autres substances susceptibles de faire le même travail. « Maintenant, il faut parvenir à étendre les traitements à d'autres types de cancer et à rendre leur action permanente. »

Le chercheur travaille actuellement sur quatre nouvelles substances. Seulement deux de ces médicaments ont fait leurs preuves, dit-il, mais les possibilités se multiplient. Michael Pollak compare cette percée scientifique au développement des antibiotiques. « Au XIX^e siècle, les infections graves étaient mortelles presque à coup sûr. Mais dès que l'on a découvert les premiers antibiotiques, les progrès ont été incroyables. Pour les substances non toxiques contre le cancer, on commence à peine à tirer parti de nos découvertes. »

Rosemonde Mandeville Institut Armand-Frappier

Chef de laboratoire à l'Institut Armand-Frappier, Rosemonde Mandeville dirige depuis un an une étude sur un sujet d'actualité : les effets possibles sur la santé des champs magnétiques. Dans les laboratoires de l'Institut, quelque 300 rats sont exposés à des champs magnétiques correspondant, à leur échelle, à ce que les humains sont susceptibles de recevoir dans la vie quotidienne. « Je me suis lancée dans ce projet parce que je suis immunologiste et que tous les problèmes liés à l'immunité m'intéressent. Le projet est très complexe et très exigeant sur le plan du protocole scientifique. Jusqu'ici, il y a eu des études épidémiologiques, quelques expériences, mais pas d'étude vraiment complète, explique-t-elle. Mais c'est précisément dans ces moments-là que j'ai le réflexe de foncer. »

Cette étude marque un tournant dans la carrière de la chercheuse. Le nom de Rosemonde Mandeville est habituellement associé aux recherches sur le cancer du sein. Elle vient d'ailleurs de terminer une étude qu'elle codirigeait sur l'influence de facteurs comme le stress et l'attitude de l'entourage chez des femmes atteintes de cancer du sein.



Menée par Lise Filion dans le cadre d'un doctorat en psychologie à l'Université Laval, l'étude a démontré que les femmes qui étaient le plus rapidement et le plus clairement informées de leur situation médicale avaient les meilleures chances de guérison et le meilleur bilan immunitaire. « Pourtant,

bien des médecins négligent toujours d'informer leurs patientes, dit Rosemonde Mandeville. Certains vont même jusqu'à parler au mari, mais pas à la patiente ! »

L'information est d'ailleurs son cheval de bataille depuis plusieurs années. Après avoir publié, en 1988, *Le cancer du sein*, elle n'a jamais cessé de donner des conférences. « Non seulement c'est un problème d'importance pour les femmes, mais c'est aussi un domaine où l'on pourrait faire des progrès importants à court terme. Le cancer du sein peut être détecté très tôt, et les chances de guérison sont bonnes parce qu'il se développe beaucoup plus lentement que d'autres cancers. Mais il faut pour cela apprendre à mettre l'accent sur les aspects globaux de la maladie et sur la prévention. »

Dans son milieu, Rosemonde Mandeville fait souvent figure de critique et de rebelle. « Il faut être plus honnête avec nos patients, plus humain aussi et apprendre à leur donner plus de contrôle sur leur santé. Ce n'est pas vrai que l'on pourra un jour dire à quelqu'un : prends cette pilule, tu vas guérir et tu vas pouvoir continuer à mal t'alimenter et à te surmener. D'ailleurs, malgré toutes les découvertes de ces dernières années, les cas de cancer continuent d'augmenter ! En fait, tant que nos attitudes ne changeront pas, la mortalité par le cancer ne diminuera pas. »

Marie-Claude Ducas

Cultiver le cancer

Les cultures de cellules cancéreuses remplacent de plus en plus les cobayes.

par Gilles Drouin

Déposez quelques cellules fœtales d'une souris dans un milieu de culture approprié. Ajoutez-y un agent oncogène puis laissez incuber. Au bout de quelques semaines, vous devriez obtenir un petit amas de cellules transformées, susceptibles de former une tumeur une fois injectées à un animal.

Réduite à sa plus simple expression, cette « recette » est un exemple de technique couramment utilisée dans des laboratoires de recherche en cancérologie. Pourtant, il n'y a pas si

longtemps, les chercheurs provoquaient l'apparition de tumeurs chez les animaux en leur injectant directement des substances cancérogènes. « Cette époque est pratiquement révolue et, aujourd'hui, on travaille de plus en plus avec des cellules en culture », soutient Normand Marceau, biologiste cellulaire au Centre de cancérologie de l'Université Laval à l'Hôtel-Dieu de Québec. Ce qui intéresse surtout les chercheurs maintenant, c'est de découvrir la chaîne d'événements qui amène une cellule à devenir cancé-

reuse. « Les animaux ne servent alors qu'à vérifier la capacité de cette cellule à former une tumeur », précise-t-il.

Normand Marceau s'intéresse, entre autres choses, à ce qu'il appelle une « fenêtre de différenciation », c'est-à-dire cette courte période durant laquelle une cellule de type fœtal a momentanément l'option de changer de voie afin d'exercer une fonction plutôt qu'une autre. « Selon différentes études, explique le chercheur, il semble qu'un agent de transformation bloque la spé-

cialisation de la cellule dans cette fenêtre, ce qui l'empêche de devenir une cellule différenciée appropriée au foie, par exemple. » En se servant de cellules fœtales et de cellules cancéreuses en culture, l'équipe espère découvrir les éléments régulateurs de ce processus. « Dans un contexte plus large, poursuit Normand Marceau, nos recherches visent également à concevoir des moyens de réhabiliter cette cellule bloquée afin qu'elle poursuive, de manière normale, sa spécialisation. » ●

FONDS DE LA RECHERCHE EN SANTÉ DU QUÉBEC

La qualité de vie et l'amélioration de l'état de santé des Québécoises et des Québécois ont toujours été et demeurent la principale motivation de nos chercheurs et la raison d'être du Fonds de la recherche en santé du Québec.

Le Fonds de la Recherche en Santé du Québec (FRSQ) a pour fonction de promouvoir et d'aider financièrement le développement de la recherche, la formation et le soutien de chercheurs dans le domaine de la santé. Pour réaliser son mandat, le FRSQ offre de nombreux programmes de bourses et de subventions aux étudiants et aux membres de la communauté scientifique.

La recherche pour la vie



FONDS DE LA RECHERCHE
EN SANTÉ DU QUÉBEC

550, rue Sherbrooke ouest, bureau 1950
Montréal, QC H3A 1B9
Téléphone: (514) 873-2114

Pour vous documenter sur nos programmes, demandez notre prospectus et pour vous informer sur les recherches soutenues par notre organisme, abonnez-vous à notre périodique *Recherche en santé*.

L'histoire de Philippe

En 1950, la leucémie infantile était toujours mortelle. Aujourd'hui, deux enfants sur trois gagnent leur combat contre ce cancer. Philippe est l'un de ceux-là. Bref parcours d'un grand exploit humain et scientifique.

par Michel Groulx

Tout a commencé par un mal anodin. Par un froid matin de janvier, Philippe, âgé de deux ans et neuf mois, s'est mis à boiter. À l'époque, ses parents, Valérie et Alain, ne se sont pas alarmés. On croyait avoir affaire à une blessure légère.

Mais le lendemain et les jours suivants, la santé de Philippe a continué à se détériorer. Et trois jours plus tard, il était incapable de monter les escaliers.

« Rhumatismes », a diagnostiqué le spécialiste. Mais cinq jours d'immobilité totale n'ont rien changé à son état. Puis, il

Scène quotidienne à l'Hôpital de Montréal pour enfants.

a été terrassé par une pneumonie, se plaignait constamment de fatigue, était livide et perdait du poids. Au bout de trois mois, les parents envisageaient le pire. Et si Philippe était atteint de leucémie ?

Une analyse de sang puis une biopsie de la moelle osseuse, des tests imparables, sont venus confirmer leur pressentiment. Des cellules leucémiques avaient commencé à proliférer dans l'organisme de Philippe. Un enfant sur 10 000 est atteint de leucémie, et c'est son numéro qu'on venait de tirer.

Pour la famille de Philippe, le diagnostic a eu l'effet d'une bombe. « On a eu l'impression que notre enfant était sur le

point de mourir », se remémore Valérie. La sinistre réputation de la maladie ne les a pas aidés à se remettre du choc. Dans l'esprit de la plupart des gens, les enfants atteints de leucémie sont autant de condamnés à mort. Une perception pourtant fort éloignée de la réalité médicale.

« Le taux de guérison de toutes les leucémies d'enfants confondues est aujourd'hui de 65 % et il atteint 85 % dans le cas des meilleurs diagnostics, corrige le docteur Sylvain Barrouchel, hématologue à l'Hôpital de Montréal pour enfants. Pour un cancer, c'est un excellent taux de guérison. Beaucoup plus élevé que pour les leucémies d'adultes. »

Il existe non pas un mais de nombreux types de leucémies. La leucémie lymphoblastique aiguë dont souffrait Philippe est celle qui se guérit le mieux. Au fil des ans, en étudiant les mécanismes des cancers de la moelle, les chercheurs ont déterminé un ensemble de « marqueurs », c'est-à-dire d'indices permettant de chiffrer assez précisément les chances de guérison.

Un des marqueurs les plus fiables est le type de cellules leucémiques. Chez Philippe, c'étaient des lymphoblastes pré-pré-B, des cellules très immatures, parmi les plus sensibles aux traitements. Elles possèdent 61 chromosomes, tandis que les cellules humaines normales en ont 46. Une anomalie cytogénétique qui les rend encore plus fragiles. L'âge d'un enfant est également un bon marqueur — les enfants de 2 à 10 ans sont ceux qui répondent le mieux aux traitements — de même que la précocité du diagnostic.

Les premières semaines du traitement sont toujours très éprouvantes pour tout le monde. Dans le cas de Philippe, on a amorcé la chimiothérapie le jour même du diagnostic, à doses massives de métotrexate, de vincristine et de L-asparaginase. En s'attaquant aux cellules en division rapide, ces médicaments freinent la croissance des cellules cancéreuses. Mais ils ont aussi des effets secondaires redoutables : fièvre de cheval, vomissements, trem-



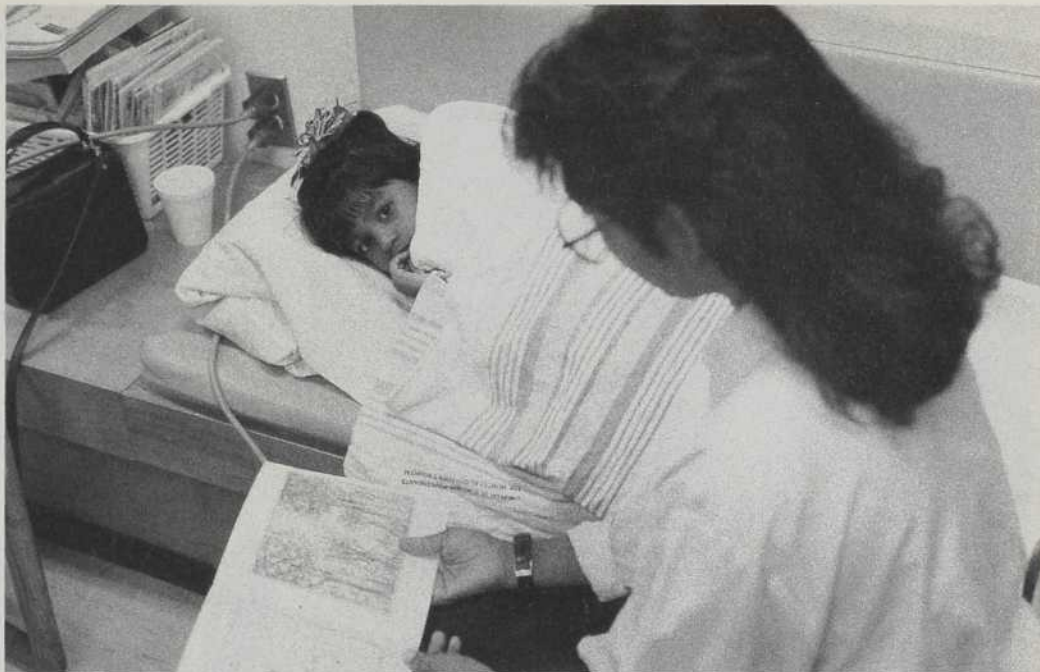
Laurent Leblanc

blements. Les médicaments ont pour effet de provoquer une dépression du système immunitaire en détruisant aussi les cellules souches des globules blancs normaux. Pour se protéger d'éventuelles infections, l'enfant doit vivre plus de deux semaines isolé dans une chambre aseptisée.

Pour les parents, ces premières semaines sont un cauchemar dont l'issue ne tient qu'à un mot : rémission. Si cette dernière ne se manifeste pas rapidement, il faut envisager d'autres traitements, plus agressifs et moins sûrs, comme la greffe de moelle osseuse. Mais Philippe a bien répondu à sa chimiothérapie de choc. Et un mois après le premier diagnostic, ses parents ont pu respirer un grand coup : leur fils était en rémission. Une bataille de gagnée.

« Techniquement, la définition de rémission est liée à la limite de nos yeux et de nos moyens diagnostiques, explique Sylvain Barrouchel. Cela signifie qu'on ne peut plus détecter de cellules leucémiques dans le sang, ni dans la moelle. Malgré cela, il peut toujours en rester. » En effet, il peut toujours subsister un clone résiduel, c'est-à-dire une ou plusieurs cellules leucémiques cachées. Souvent dissimulé dans les testicules, chez le garçon, le clone résiduel est capable de provoquer une rechute. Tout le drame de la leucémie réside peut-être là : contrairement à une tumeur, que l'on peut circonscrire et retirer complètement par chirurgie, les cellules leucémiques sont complètement dispersées. La possibilité d'une récurrence ne peut être vraiment exclue que de trois à cinq ans après la fin des traitements.

Le médecin de Philippe a par la suite convaincu ses parents de l'intégrer au sein d'un vaste programme de recherches cliniques, le Pediatric Oncology Group (POG) de l'Institut national du cancer américain. Philippe a ainsi bé-



Laurent Leblanc

Un souhait : la rémission.

néficié de l'expérience acquise depuis 25 ans par l'ensemble des hôpitaux participants. « Le programme compare un ensemble de protocoles thérapeutiques qui diffèrent notamment par les médicaments utilisés et les dosages », dit Sylvain Barrouchel. « En général, on n'expérimente pas de nouveaux médicaments, mais uniquement de nouvelles recettes, en variant les dosages et les substances utilisées », ajoute Mark Bernstein, directeur adjoint de la clinique d'hématologie de l'Hôpital de Montréal pour enfants. C'est une attitude prudente qui a néanmoins permis d'augmen-

ter le taux de guérison de 20 % depuis 10 ans. Les médicaments expérimentaux ne sont d'ailleurs proposés qu'aux enfants qui ont tout à gagner. Un tirage au sort a attribué le traitement le plus agressif à Philippe. Un choix que ses parents n'ont jamais regretté, même s'ils connaissaient pertinemment les risques d'effets secondaires.

Le traitement s'étale sur trois ans. Avec le recul, les hématologues ont conclu que, chez la plupart des enfants leucémiques, ce délai était à la fois nécessaire et suffisant pour minimiser le risque de rechute. Il semble que le traitement ramène peu à peu le nombre de cellules leucémiques à zéro ou, du moins, à un

nombre si faible que le système immunitaire de l'enfant peut les neutraliser.

Pendant ces trois années, Philippe s'est rendu une fois par semaine à la clinique d'hématologie. L'hôpital faisait désormais partie de sa vie. Et chaque vendredi, il devait subir de nouvelles injections, des prises de sang et, de temps à autre, de pénibles ponctions lombaires.

Philippe, comme beaucoup d'autres enfants de son âge, a remarquablement bien traversé ces épreuves difficiles. Son âge était un atout : pour un si jeune enfant, la peur de mourir est un concept abstrait. C'est surtout le sentiment d'avoir perdu le contrôle de son corps qui l'affectait. Par moments, il se sentait puni.

Avant de recevoir une nouvelle piqûre, il a même demandé à sa mère : « Pourquoi tu n'empêches pas ça ? »

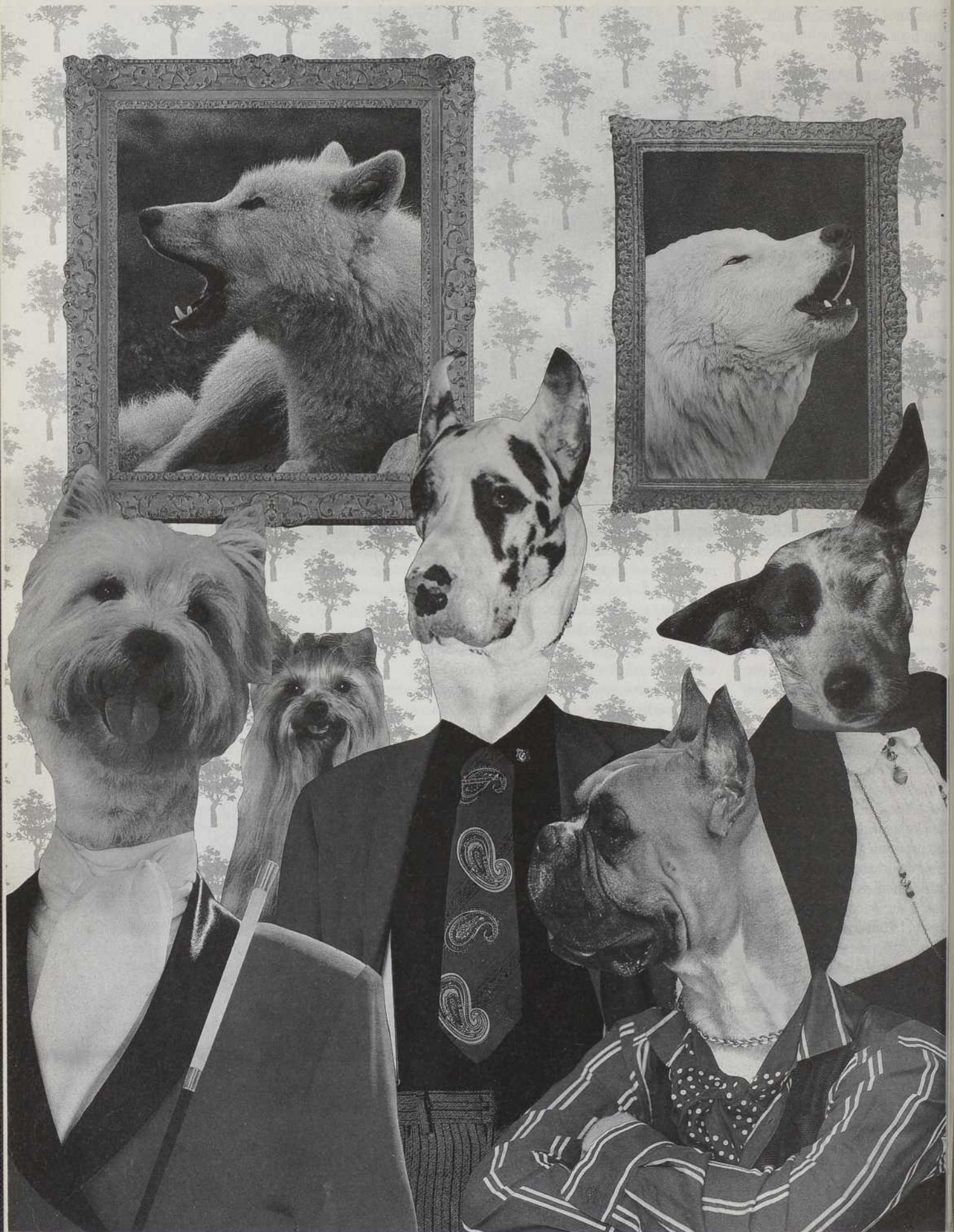
Aujourd'hui, Philippe a neuf ans. Même si les rechutes sont généralement un peu plus fréquentes après la fin du traitement, il n'en a jamais eu. Et aujourd'hui, il n'a vraiment pas l'air d'un enfant revenu de l'enfer. Sportif, sociable, curieux, intelligent, c'est un garçon comme les autres.

Un miracle ? Si l'on veut. La science, après tout, en accomplit parfois elle aussi. ●

Il suffit d'une cellule déprogrammée

Les leucémies sont des cancers de la moelle osseuse. En temps normal, des cellules, dites cellules souches, y subissent un processus de maturation complexe, la différenciation. Elles se transforment en deux grandes catégories de cellules sanguines : les plaquettes essentielles à la coagulation et les nombreuses variétés de globules blancs qui constituent le système immunitaire.

Chez les leucémiques, pour des raisons encore peu connues, une cellule souche, une seule, est soudain « déprogrammée ». Au lieu de suivre son plan normal de différenciation, elle se multiplie, de manière anarchique, formant un clone de cellules leucémiques. Celles-ci s'accumulent dans la moelle osseuse. Elles empêchent la formation des autres cellules du sang, affaiblissent le système immunitaire et exposent l'organisme à de nombreuses infections. Véritable tumeur fluide, le clone leucémique peut aussi envahir le sang, le cerveau et l'ensemble de l'organisme.



Pourquoi le loup est le meilleur ami de l'homme

Méfiez-vous des apparences : sous ses airs innocents, le fox-terrier, le labrador et le chihuahua cachent une âme de loup ! Génétiquement, peu de choses distinguent un chien d'un loup, mais alors qu'est-ce qui fait qu'un chien est un chien ?

par Félix Légaré



Tout le monde connaît Choupette. Choupette, c'est le minuscule chien du voisin, le petit chihuahua gueulard, plus proche du rat que du Saint-Bernard, qui vous casse les oreilles nuit et jour et vous fait vous demander pourquoi, mais pourquoi a-t-on un jour eu l'idée de domestiquer cette bête pour s'en faire un ami ?

Choupette est-il vraiment un descendant direct du loup comme on semble maintenant le croire ? Et surtout, comment le loup, un si noble animal, a-t-il pu se transformer en une créature comme Choupette ?

Ces questions, sans doute issues de l'observation de spécimens plus respectables que Choupette, chatouillent depuis peu les méninges de chercheurs en archéologie, en biologie et en éthologie (l'étude du comportement animal). En fait, malgré son omniprésence dans l'univers humain, le chien reste une énigme de l'évolution. Mais on commence à flairer quelques pistes intéressantes.

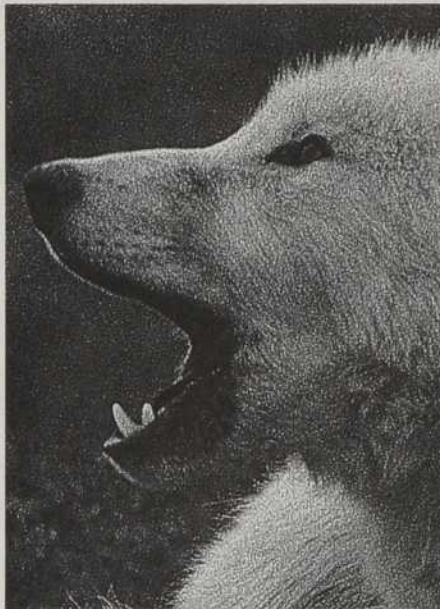
D'abord, le chien serait un loup. C'est ce que suggèrent plusieurs des études en génétique. Dont celles de l'Institut zoologique de Londres et celles du Dog Genome Project, menées par l'équipe de Jasper Rine au Lawrence Berkeley Laboratory, en Californie. Il s'agit ici d'une adaptation canine du mégaprojet de décodage de l'ADN humain — le Human Genome Project — auquel participe d'ailleurs Jasper Rine.

Des deux côtés de l'Atlantique, les résultats des chercheurs convergent : il semble qu'entre un chien et un loup il n'y a pas plus de différences qu'entre un Thibodeau et un Smith chez les humains ! Ils feraient génétiquement partie de la même espèce.

Quand on pense au berger allemand ou au husky, on peut aisément concevoir la chose. Mais considérant Choupette, l'idée passe plus difficilement... Pourtant, on peut sans difficulté croiser chacune des races de chien au loup. Selon les travaux du zoologiste et généticien anglais Robert Wayne, de la société zoologique de Londres, l'ADN du chien contemporain se

distingue d'ailleurs très peu de celle du loup, sinon par quelques subtilités, notamment dans ce qui détermine les rythmes de croissance et les durées de gestation. D'autres études révèlent que la croissance du chien s'arrête à l'âge où le loup n'en est encore qu'à l'adolescence. Ainsi, le chien atteint sa maturité sexuelle entre 6 et 12 mois, et le loup, seulement à deux ans.

Il est également intéressant de constater à quel point le chien semble un animal néoténique, c'est-à-dire un animal qui garde toute sa vie des traits juvéniles, tant physiques que comportementaux. Les comparaisons entre louveteaux et chiens adultes sont aussi faciles qu'intrigantes. Le loup n'aboie que durant son jeune âge. Adulte, il cessera cette mauvaise habitude, dont ne se privera jamais le chien, nous l'avons tous appris à nos dépens. La queue, que chiens et louveteaux gardent généralement dressée en l'air, reste basse chez le loup adulte, sauf quand il est de mauvaise humeur. La plupart des races de chiens



ont les oreilles tombantes, comme celles des louveteaux. Enfin, la tête du chien, un peu grosse pour la taille de son corps, présente aussi un trait néoténique.

À l'origine de cette hypothèse : les expériences du généticien russe D.K. Belyaev, amorcées il y a 30 ans. En sélectionnant les plus dociles rejetons de 20 générations de renards argentés, il a obtenu des créatures affables aux oreilles tombantes et qui aboyaient, contrairement aux renards adultes !

Dans un article du mois d'août 1994 de la revue *American Scientist*, l'archéologue Darcy Morey affirme que diverses races de loup auraient fait connaissance avec les humains, en plusieurs points du globe, il y a entre 12 000 et 15 000 ans. Étonnamment donc, il s'agit du premier animal domestiqué. Bien avant les chevaux, que nos ancêtres ont apprivoisés il y a 7 000 ans.

Et pourquoi les avons-nous domestiqués ? Les meilleures hypothèses sont souvent les plus simples : les humains au-

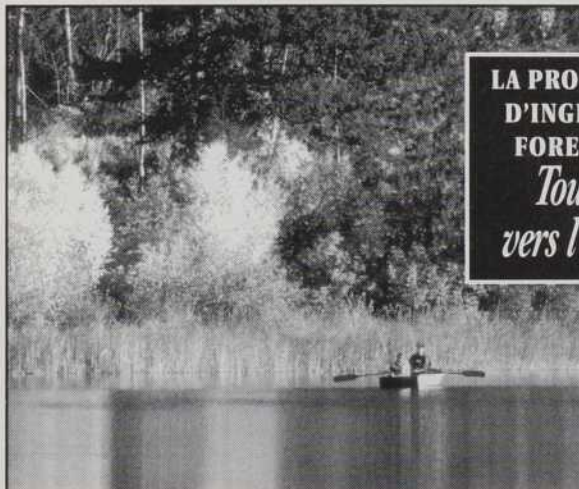
raient d'abord adopté des loups pour en faire les premiers systèmes d'alarme, broyeurs à déchets ou couvertures chauffantes.

On pense aussi que « l'effet néoténique » aurait joué un rôle important dans le rapprochement entre les deux espèces. Dans *Le tout et la partie dans la société animale*, célèbre essai sur le comportement animal et humain publié en 1950, Konrad Lorenz, pionnier de l'éthologie, démontre que l'attraction pour les visages de bébés humains ou animaux fait partie des mécanismes de déclenchement innés chez l'humain. Il n'y a qu'à voir le nombre de publicités faisant appel à ce réflexe pour s'en convaincre...

Irrésistiblement attirés par leurs traits juvéniles, les humains auraient donc adopté les louveteaux pour ensuite sélectionner les plus dociles candidats de leur progéniture. Candidats qui, de génération en génération, se seraient transformés en ces aimables mangeurs de biscuits qui roupillent maintenant sur nos tapis. En procédant de la même façon, on les aurait ensuite choisis selon leur apparence et leur capacité à créer les quelque 420 races qui existent aujourd'hui.

Curieusement, seulement une vingtaine de ces 420 races existent depuis près de 10 000 ans. Toutes les autres sont apparues en l'espace de seulement trois siècles ! Comment le chien a-t-il pu parvenir aussi vite à d'aussi spectaculaires transformations ? Et pourquoi existe-il autant de différences entre les races ?

Le Dog Genome Project finira peut-être par nous dire pourquoi un labrador aime tant l'eau et pourquoi le pointer... pointe ! Mais les réponses risquent de se faire attendre. Le DGP a démarré il y a moins de deux ans et, en génétique, il faut du temps pour obtenir des résultats significatifs. ●



**LA PROFESSION
D'INGÉNIEUR
FORESTIER:
Tournée
vers l'avenir**

Connaître

Protéger

Cultiver

Transformer

Présent

POUR L'AVENIR
DE NOS FORÊTS



Ordre
des ingénieurs
forestiers
du Québec

2750, rue Einstein, bur. 380
Sainte-Foy (Qc) G1P 4R1

Le chien, un grand incompris

Contrairement aux chats, les chiens s'adaptent généralement mal aux changements sociaux. Ce qui explique en partie pourquoi, depuis près de 10 ans, la popularité du chien pique drastiquement du nez. Au total, durant cette période, la population canine a augmenté de 0,3 million d'individus et celle des chats de 11 millions !

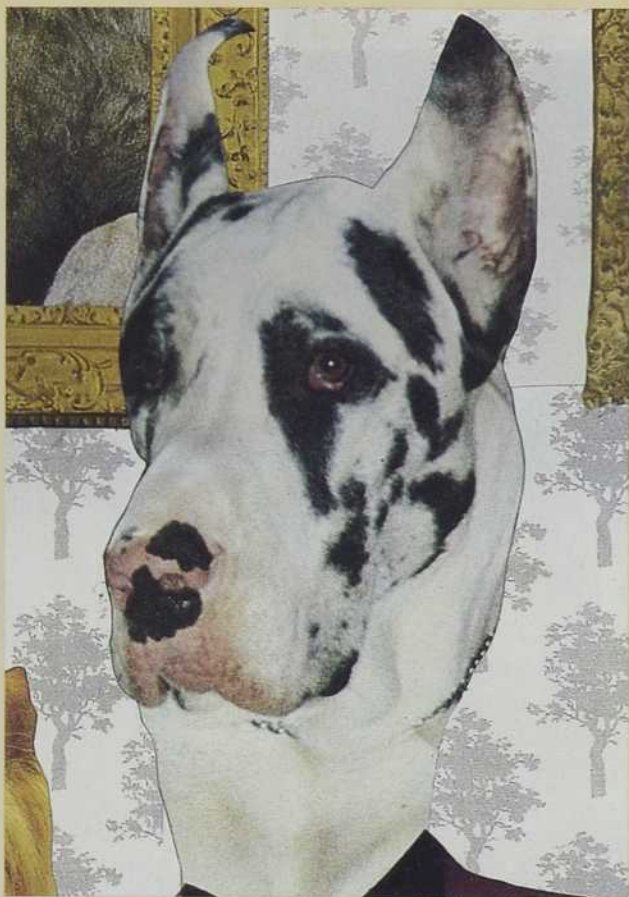
Un mésadapté votre gros pitou ? Au Québec, l'éthologiste Richard Beaudet dirige une clinique de comportement canin et étudie depuis cinq ans les nouvelles méthodes d'évaluation du caractère des chiens. Il a d'ailleurs procédé à la mise au point de nouveaux tests d'évaluation du tempérament des chiens. Et il estime qu'on pourra bientôt utiliser des méthodes qui aideront à mieux comprendre le tempérament individuel d'un chien.

Rappelons d'abord qu'aux yeux de Fido, Mickey, Noiroto ou Chouquette, les maîtres humains sont d'abord et avant tout d'autres chiens. C'est-à-dire des membres de leur meute, tous soumis à une hiérarchie complexe de rapports de dominant ou de dominé, selon chaque membre de la famille et en fonction de leur propre caractère. Aussi, depuis que la famille se désunit, que parents et enfants disparaissent de sa vue durant toute la journée, chien-chien, plongé dans la solitude durant des heures, voit son monde totalement bouleversé ! Plus de meute, plus de hiérarchie et plus aucune référence lui permettant de définir son univers ! Sans compter qu'à chaque fois que sa tribu quitte la maison, il désespère de la revoir un jour.

Résultat : des comportements erratiques comme le grignotage du mobilier, des aboiements intempestifs et des comportements agressifs. Toutes choses qui contribuent à décourager les maîtres. Et le chien, un grand incompris.

Selon Richard Beaudet, la solution commence par une simple et fataliste constatation : « Il faut considérer d'abord et avant tout l'individu chien, bien avant la race. Trop de gens se procurent une bête, disons un Golden Retriever, et s'étonnent qu'il ne se comporte pas comme un Golden devrait le faire ! Mais quelle que soit la race, chaque individu a sa propre personnalité, et cette personnalité ne peut pas toujours s'insérer dans une famille ! »

« Le chien est avant tout un animal social dont la survie, quelle que soit sa race, dépend de la meute, comme le loup, explique Richard Beaudet. C'est aussi un carnivore, donc un prédateur, et un animal à territoire. Ce sont ces caractéristiques particulières qui déterminent son comportement et tous



les problèmes qu'il éprouve à s'adapter au monde urbain. »

Dans la vie courante, le chien interprète toutes sortes de gestes et d'attitudes en provenance des humains qu'il considère de la même race que lui, ne l'oublions pas. Ces gestes et attitudes sont autant de signaux de domination, de soumission ou de stimulation auxquels il répondra selon son type de caractère. Tout comme l'être humain, en somme. Mais si l'être humain a l'avantage du cerveau, le chien a celui des sens. Avec son odorat, de 10 000 à 20 000 fois plus efficace que le nôtre, pitou vous détecte en moins de deux toute variation d'odeur, donc toute augmentation de rythme cardiaque, de brassage hormonal et autre symptôme de changement d'émotions. Bref, votre chien vous connaît de fond en comble. Il faut donc apprendre à « dialoguer » avec lui pour vivre en harmonie, parole d'éthologiste !

Cela dit, pour les propriétaires de quadrupèdes mésadaptés, tout espoir n'est pas perdu. « Il y a toujours moyen de régler

certains problèmes en analysant les caractères du chien et de son maître », glisse Richard Beaudet.

Pas de panique, il ne s'agit pas de coucher pitou et son maître sur le divan du psy, mais simplement d'évaluer divers traits de caractère que nous partageons avec la gent canine, une créature sociale comme nous. Prenons l'adorable Chouquette, par exemple. Pour une raison quelconque, elle s'est mise à japper et a décidé de ne plus s'arrêter. Ce qui se produit souvent quand le chien a une tendance de meneur. Les meneurs sollicitent les chiens de la meute à participer à une activité quelconque : chasse, poursuite d'un assaillant ou jeu. Après quelques minutes, votre voisin sort dehors, exaspéré, et lui lance un « la ferme ! » bien senti. Bravo : elle va recommencer de plus belle puisque que son maître a enfin répondu à son appel !

Pour Richard Beaudet, tout passe donc par ces évaluations des caractères respectifs des humains et des chiens. « En général, une séance de quelques heures suffit. Le client décrit son problème et l'on trouve généralement des solutions à partir de cette seule entrevue. Des solutions simples, mais pas toujours faciles à mettre en pratique. Par exemple, quand il souffre de solitude, on doit faire sentir au chien qu'il n'y a pas de différence entre notre absence et notre présence. Concrètement, il faut donc diminuer l'attention qu'on lui porte, surtout les caresses. Il ne vous reste plus qu'à aller expliquer tout ça à votre voisin propriétaire de chien...

le match



Montréal, « cœur technologique du Québec » ? La métropole regroupe, en effet, la majeure partie des activités scientifiques du Québec. Mais, pour mesurer l'attrait scientifique que Montréal exerce à l'échelle nationale et internationale, il faut pouvoir la comparer à d'autres villes de même importance, comme Toronto, sa rivale de toujours. C'est ce que nous avons tenté de faire.

par Nathalie Collard

Propulser la région montréalaise parmi les 10 plus importantes agglomérations technologiques et scientifiques en Amérique du Nord... Tel était l'objectif que proposait, en 1986, un comité du bilan scientifique constitué par le Conseil de la science et de la technologie du Québec. Dans le bilan qu'il avait rédigé cette année-là, Montréal était considérée comme une agglomération technologique de taille moyenne, occupant le 18^e rang parmi une trentaine d'agglomérations situées aux États-Unis et au Canada. Toronto, pour sa part, occupait le 14^e rang. Il fallait faire décoller le Montréal scientifique.

Or, en 1994, Montréal n'est toujours pas

de la science



devenu le centre technologique du Canada. Et même si la métropole québécoise a réalisé des progrès certains, elle se classe encore loin derrière Toronto.

Tout d'abord à cause de l'insuffisance des budgets gouvernementaux alloués à la R&D. Les dépenses québécoises en R&D sont inférieures à celles de l'Ontario si on considère le poids économique de chaque province.

Même constat au Conseil de la science et de la technologie où l'on brosse un portrait plutôt sévère de la recherche universitaire dans la région métropolitaine : contingent limité de chercheurs compétitifs, niveau de diplômés insuffi-

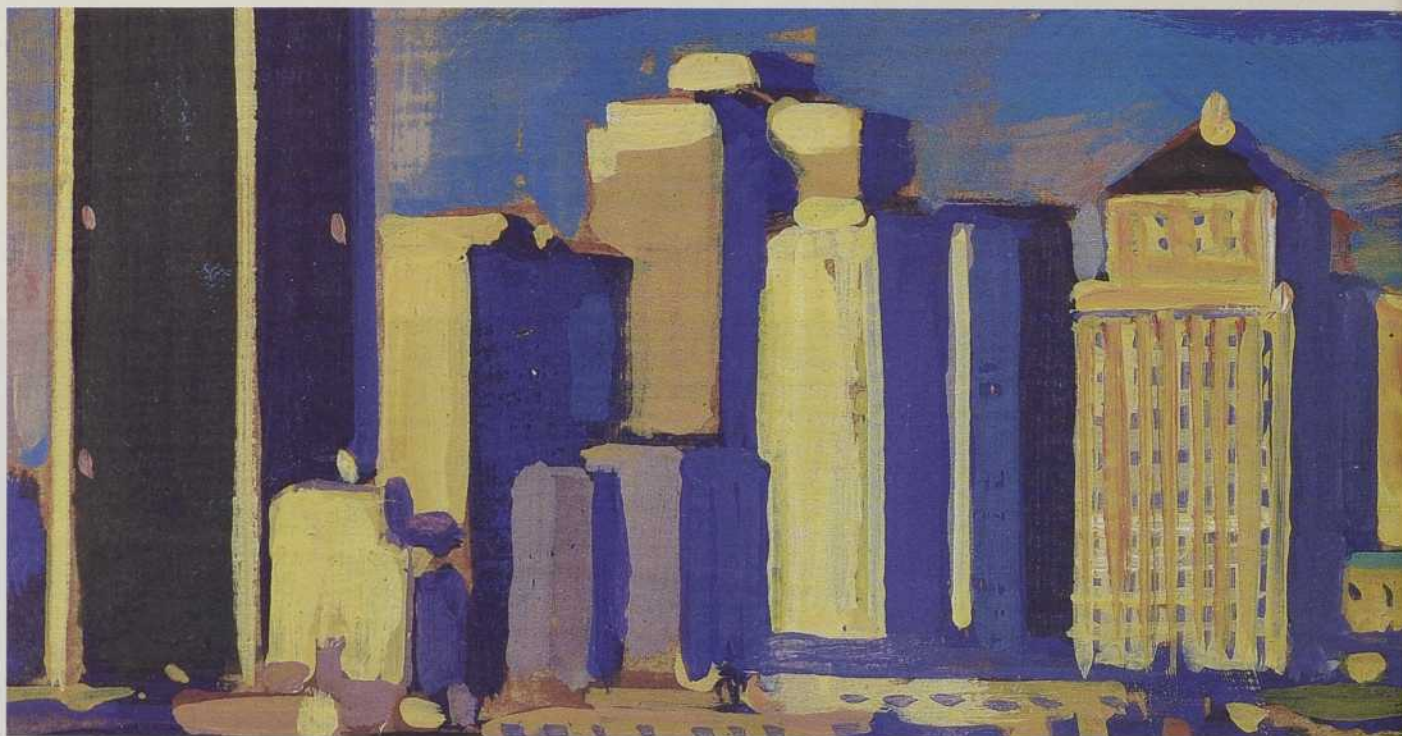
sant, ressources financières limitées.

Néanmoins, si on examine la situation secteur par secteur, on s'aperçoit que Montréal redresse l'échine dans certains domaines. Ainsi, selon une étude réalisée en 1994 par la firme de courtage Ernst and Young, la biotechnologie qui connaît une croissance alors qu'elle s'essouffle en Ontario. Montréal offre également une performance décente dans le secteur aérospatial !

Mais il ne s'agit là que de quelques exemples. En s'appuyant sur plusieurs autres critères — personnel alloué à la R&D industriels, nombre de publications scientifiques, dépenses en R&D industriels, nombre d'entreprises de technologie de

pointe —, ainsi que sur une évaluation très subjective de l'environnement dans lequel évoluent ces entreprises, on peut obtenir un bon tableau comparatif.

Cela dit, il faut également tenir compte qu'au Québec, mis à part la recherche gouvernementale, l'ensemble des activités scientifiques est concentré dans la région montréalaise. Ce qui n'est pas le cas en Ontario, où l'activité scientifique se partage entre Toronto (50 %), Ottawa (grand centre de recherche gouvernementale) et, dans une moindre mesure, Waterloo et Hamilton. Ajoutons que, lorsqu'on parle de Montréal et Toronto, il s'agit des régions métropolitaines.



Diplômés

Avantage Toronto

Pour une entreprise de pointe, le nombre de diplômés de 2^e et 3^e cycles décernés dans une année est un attrait déterminant puisqu'il indique l'importance du bassin de scientifiques dans lequel elle pourra éventuellement puiser.

Au Québec, les deux tiers de l'activité universitaire se concentrent dans les 12 établissements (dont 4 universités) de la région de Montréal. Toronto compte, quant à elle, trois centres de formation supérieure (University of Toronto, York University et Ryerson Polytechnical Institute).

En 1991, on a décerné 3 440 maîtrises à Montréal, contre 2 857 pour la ville de Toronto. À première vue, Montréal surpasserait donc sa rivale. Mais il faut savoir que l'Institut polytechnique Ryerson n'accorde ni maîtrise ni doctorat. Avec seulement deux universités, Toronto décernerait donc presque autant de maîtrises que Montréal !

Le retard de la métropole québécoise est encore plus flagrant lorsqu'on comptabilise le nombre de doctorats attribués. Avec leurs 554 doctorats, les deux universités torontoises dépassent légèrement leurs consœurs montréalaises qui, toujours en 1991, n'ont décerné que 529 doctorats ! En fait, plusieurs études confirment que le Québec serait la province championne de la formation universitaire courte (baccalauréats et certificats).

Publications scientifiques

Match nul

Montréal : 3 897

Toronto : 3 888

Le Canada produit environ 5 % de toutes les publications des pays de l'OCDE. Avec ses 3 897 publications pour l'année 1991, Montréal a généré 14 % des 27 181 publications canadiennes, ce qui lui permet de rejoindre Toronto en tête des villes canadiennes. Toujours sur la base du nombre de publications scientifiques, Montréal et Toronto peuvent se comparer à des centres scientifiques comme Seattle, San Francisco ou Saint Louis.

À elle seule, l'Université McGill produit plus de 40 % des publications scientifiques québécoises (1 589 des 3 897 publications universitaires pour l'année 1991). L'Université de Montréal vient au second rang, avec 800 publications, soit 16 % du total des publications québécoises. Toutefois, avec ses 12 établissements universitaires, Montréal jouit d'un bassin de chercheurs beaucoup plus important que Toronto.

Les chercheurs montréalais seraient-ils moins productifs ?

Personnel affecté à la recherche et au développement

Avantage Toronto

En 1991, Montréal comptait 12 236 personnes affectées à la recherche et au développement dans le secteur industriel. Toronto en comptait 14 080.

Au Québec, plus de 85 % de la recherche dans le secteur privé est effectuée par des entreprises de la région de Montréal. La métropole regroupe également les deux tiers de la recherche universitaire. Au total, ces deux secteurs représentent 23 % des activités canadiennes en R&D.

Toutefois, les entreprises québécoises affectent trop peu de personnel à la R&D. Par exemple, dans les secteurs stratégiques des produits électriques et électroniques, le Québec n'affecte que 20 % de son personnel à la R&D. Les Ontariens, eux, mettent le paquet avec 70 % de leur personnel !

Quant à la recherche gouvernementale, elle est peu importante dans les deux métropoles puisqu'elle est surtout concentrée dans les capitales de chaque province, soit Ottawa et Québec.

Dépenses allouées à la recherche et au développement

Avantage léger Toronto

Montréal a dépensé 1,28 milliard de dollars dans le secteur industriel, en 1991. Toronto a fait un peu mieux, avec 1,45 milliard de dollars.

Non seulement Montréal traîne légèrement de la patte derrière Toronto, mais les dépenses comptabilisées pour la région montréalaise représentent 82 % du total des dépenses au Québec alors que celles de Toronto ne constituent que la moitié de l'effort industriel en Ontario.

Selon le portrait statistique préparé pour le Conseil de la science et de la technologie, la région de Montréal regroupe environ le cinquième des activités de R&D du secteur privé du Canada. Les auteurs précisent que l'effort montréalais se compare plus qu'honorablement à celui de Toronto puisque l'effort conjugué des entreprises de Montréal représente environ 94 % de celles de leurs consœurs torontoises.

Nombre d'entreprises de technologie de pointe

Avantage Toronto

En 1991, Montréal comptait les quatre cinquièmes des entreprises de pointe du Québec, soit près de 630. Toronto en dénombrait environ 750 (soit 50 % des entreprises de l'Ontario). Outre les indicateurs que nous avons énumérés, les structures d'accueil et l'environnement sont des facteurs déterminants dans le choix d'une ville ou d'une région par une entreprise.

Environnement économique

Ni gagnant, ni perdant

Comparer les deux environnements est pratiquement impossible : notamment, parce que les politiques gouvernementales ne sont pas les mêmes.

Chose certaine, les entreprises sont surtout attirées par des structures souples, un climat politique stable, un milieu scientifique dynamique ainsi que des politiques d'accueil simples et facilement accessibles.

Au Québec, la volonté politique de nos dirigeants se traduit par un nombre impressionnant de programmes gouvernementaux. Des programmes dont bénéficie Montréal, bien entendu. Cependant, la machine semble éprouver des ratés. Selon l'étude du CRIQ, « le financement de la R&D et de l'aide aux entreprises est un fouillis, à cause du nombre de programmes et d'organismes qui interviennent dans ce secteur, à cause du nombre de juridictions qui occupent ces champs d'activité, etc. ». On ajoute que « certains de ces organismes, très nombreux depuis les années 80, s'occupent du même stade de la R&D et que, pour certains types d'activités et de services, les universités sont en concurrence entre elles et avec certains centres ».

Bref, c'est la confusion la plus totale. Le Conseil de la science et de la technologie confirme en outre qu'il existe deux fois plus de programmes d'aide à l'entreprise au Québec qu'en Ontario. « Un problème, un programme », lance-t-on à la blague dans les bureaux des organismes gouvernementaux !

À Montréal, la situation n'est guère plus satisfaisante. Certes, la Ville de Montréal fait de nombreux efforts pour attirer les entreprises sur son territoire. Mais la lourdeur de son appareil bureaucratique ne l'avantage pas, même si personne ne le dira publiquement. « C'est certain que les compagnies ont besoin de réponses rapides », admet du bout des lèvres Stephen Bigsby, directeur de l'Office de l'expansion économique de Montréal.

Pour sa part, le Centre d'initiative technologique de Montréal (CITEC) reproche aux commissaires de la CIDEM (Commission d'initiative et de développement économique de Montréal) de mettre tous leurs œufs dans le même panier. « On devrait consacrer autant d'efforts à favoriser le développement d'initiatives locales qu'on en fait pour attirer les entreprises étrangères, dit Dennis R. Senik, directeur des relations universitaires au Centre. C'est aussi important pour une région d'avoir des compagnies qui y naissent et s'y développent que d'accueillir des grosses compagnies internationales. »

La présence d'un parc technologique est un autre facteur susceptible d'attirer les entreprises de pointe dans une région. On en compte deux sur le territoire de Montréal. Le premier sur l'autoroute Bonaventure (mais il est presque vide), le second à Ville Saint-Laurent. La Ville de Montréal a tout de même investi 200 000 dollars dans une étude de faisabilité pour un projet baptisé Futuropolis, un nouveau nom dont

on voudrait affubler les espaces vides qui bordent le Saint-Laurent, à deux pas du pont Victoria.

Montréal regroupe également plusieurs centres d'excellence (Agence spatiale, Centre météorologique canadien, Centre des transports) ainsi que des agences comme la CITEC, la CIDEM, l'Office d'expansion économique de la CUM, qui ont pour mission de faciliter l'activité économique et scientifique de la région.

Dans la région métropolitaine de Toronto, l'environnement est très différent. À l'Office d'expansion économique de Toronto, on semble d'ailleurs amusé du nombre d'études réalisées au Québec pour mesurer l'activité scientifique. « Vous passez beaucoup de temps à vous mesurer, dit Philip Fontaine, directeur du développement de la technologie pour la municipalité régionale du Metropolitan Toronto. Pendant ce temps-là, ajoute-t-il à la blague, nous, on travaille. »

Malgré tout, la ville-reine éprouve sa part de difficultés. Dans un rapport économique de la Ville de Toronto, on souligne que bon nombre d'entreprises manufacturières quittent la métropole à cause des impôts locaux, du coût élevé de la main-d'œuvre et du manque d'espace pour l'expansion.

Il n'y a pas de parc technologique à Toronto. « C'est inutile, tranche Philip Fontaine. Et je ne crois pas que cela favorise davantage le transfert de technologies. » Toutefois, le plus ancien parc de recherche au Canada, le Sheridan Park Research Community, se trouve dans la région de Mississauga. Il a été créé par la réunion de plusieurs industries de la région de Toronto, qui se sont également chargées de son développement. Le parc accueille des installations de recherche ainsi que plusieurs grandes entreprises canadiennes.

À Toronto, la Biotechnology Initiative, une corporation industrielle formée de 120 membres, s'est donné comme objectif de promouvoir la région de Toronto comme centre de recherche nationale en biotechnologie. ●

Sources : « *Compendium 1994 : Indicateurs de l'activité scientifique et technologique au Québec* »; *Science et technologie région de Montréal, 1992, Rapport du comité du bilan scientifique et technologique de la région de Montréal, préparé pour le Conseil de la science et de la technologie, ainsi que « Enjeux et défis : 1990-1995 », étude préparée en 1989 par la firme Sécor pour le Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ).*

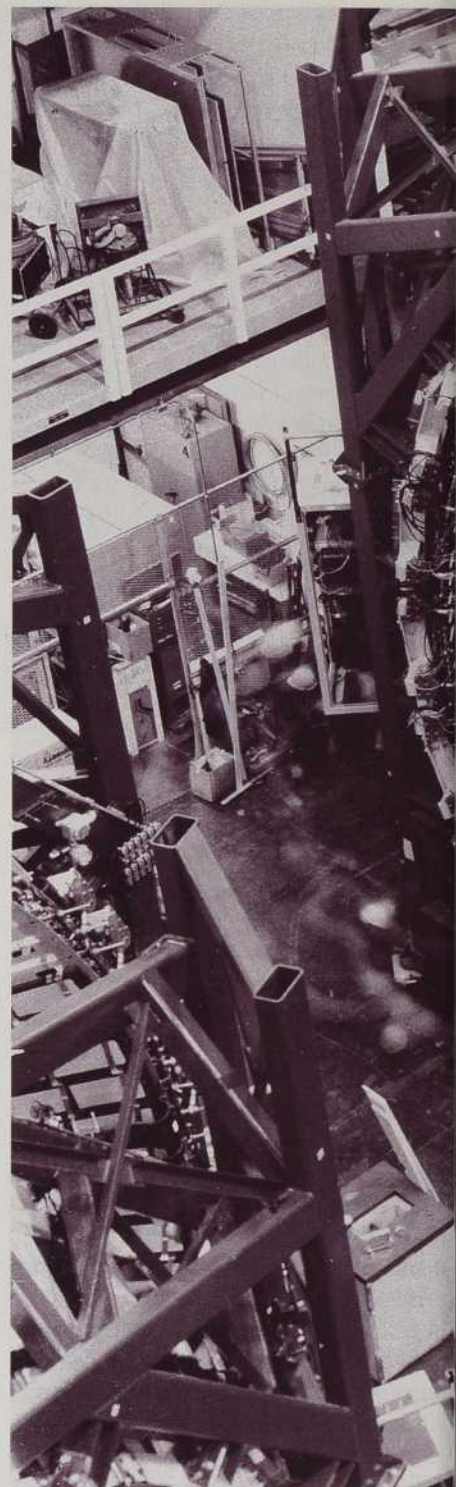
Quelques étincelles du **Big Bang** *in vitro*

En avril dernier, le Fermilab, un laboratoire en physique des particules situé près de Chicago, aux États-Unis, réussissait un exploit : enregistrer des traces du quark *top*, la plus insaisissable particule de la matière. Jusqu'alors, elle manquait à l'appel. Sa découverte confirmerait donc la justesse du modèle standard, une théorie sur laquelle est fondée toute l'étude de la matière.

par Sébastien Blais-Ouellet

Les super accélérateurs de particules pourraient se comparer à des incubateurs de Big Bang. C'est avec ce type d'installation que les physiciens peuvent recréer les conditions originales de l'Univers. Celles qui prévalaient, il y a 15 milliards d'années, au moment où les particules les plus élémentaires ont existé, libres de toutes attaches. Au Fermilab de Chicago, grâce à ces instruments les chercheurs ont réussi à « voir » le quark *top*, la particule qui restait à recenser pour valider leur théorie actuelle sur la matière (voir l'encadré à la page 38).

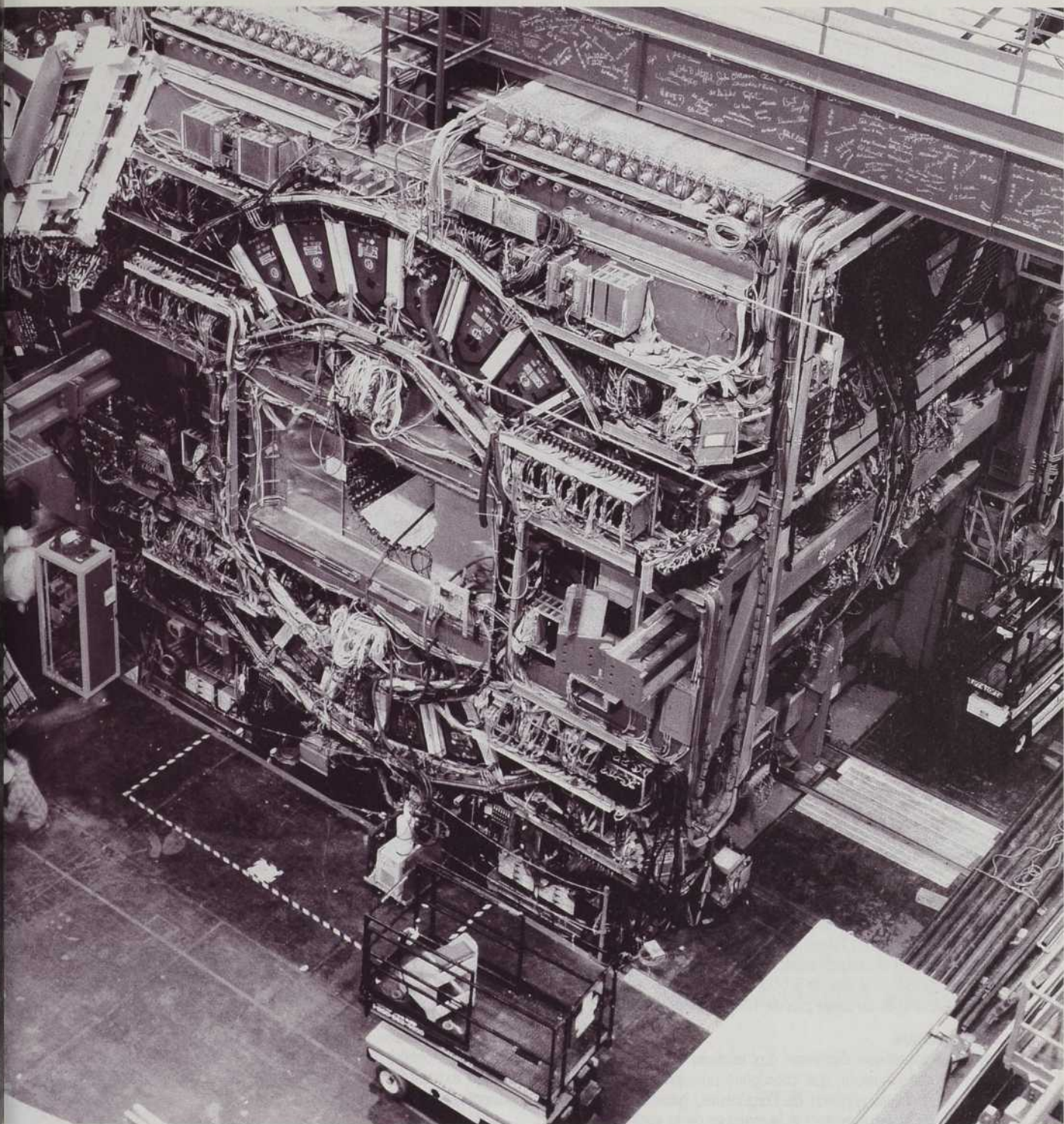
C'est en brisant les particules que l'on peut étudier ce qui les compose. Les physiciens du Fermilab provoquent des collisions entre des protons et des antiprotons, chacun composé respectivement de trois quarks et de trois antiquarks. Au moment où un quark frappe un antiquark, ils fusionnent et forment une grosse particule qui se désintègre aussitôt en plusieurs morceaux : des quarks *up*, *down*, *étrange*, *charme* ou *beauté*. Ce n'est que lorsque que l'énergie de la collision le permet,



c'est-à-dire lorsqu'elle est supérieure à la masse du quark *top* multipliée par la vitesse de la lumière au carré ($E = mc^2$), qu'un quark *top* peut naître.

Si on pouvait observer directement ces quarks, ce serait un jeu d'enfant d'identifier le quark *top*. Mais voilà, tout se passe très vite. En fait, ces particules ne vivent que quelques milliardièmes de milliardième de milliardième de seconde ! Heureusement, le quark *top* laisse une signature particulière derrière lui.

Sauf que le décryptage de la griffe laissée par le quark *top* n'est pas une mince



affaire. D'une part, il faut des appareils de mesure suffisamment sensibles et rapides pour y arriver; d'autre part, il faut pouvoir la retracer parmi les signatures de centaines d'autres particules générées à chaque collision. Pas facile pour les physiciens de trouver parmi ce beau fouillis de tracés lumineux la signature d'un quark *top*. N'empêche : le Fermilab affirme avoir aperçu 12 quarks *top*.

Cette recherche se déroule avec un « bruit de fond » qui peut fausser les observations des chercheurs. Notamment, parce que plusieurs réactions ne contenant pas

le *top* produisent des jets et des signaux semblables à ceux du *top*, ce qui peut faire croire à sa présence.

Néanmoins, en tenant compte de tous ces phénomènes, les physiciens de Chicago évaluent à 0,26 % les chances que les signaux des *top* appartiennent au « bruit de fond », explique Kenneth Ragan, professeur à l'Université McGill et l'un des chercheurs qui a participé à l'étude du Fermilab. « Malgré la probabilité qu'il s'agisse de bruits de fond, je suis assez convaincu qu'on est vraiment en présence de *top* », dit-il.

Le Fermilab à Chicago. C'est là que l'on a « vu » des quarks *top*.

Selon Abdel Djouadi, chercheur du Groupe de physique des particules de l'Université de Montréal, deux facteurs demeurent tout de même obscurs. D'abord, outre le CDF, le super accélérateur où a été « vu » le quark *top*, il existe un autre détecteur sur l'accélérateur du Fermilab, le D0 qui, lui, n'a pas encore décelé un seul quark *top*. Toutefois, précise Kenneth Ragan, il n'aurait pas le détecteur requis, le Microvertex, pour y arriver.

Une autre chose laisse les chercheurs perplexes : la grande masse calculée des quarks *top* du Fermilab. Curieux, mais au fond pas si surprenant, car on ne comprend pas encore d'où vient cette composante fondamentale qu'est la masse. « La masse élevée du quark *top* devrait être un message pour la compréhension de l'origine de la masse, mais ce message n'est pas encore décodé », reconnaît M. Jacob, adjoint au Directeur général du Centre européen de recherches nucléaires (CERN) près de Genève, où on mène également des recherches en physique des particules.

L'explication de l'énigme réside peut-être dans la poursuite des expériences au CERN. Un autre super accélérateur devrait voir le jour au début des années 2000. Il permettra de chercher cette hypothétique particule qui « donnerait » la masse à la matière comme le champ électrique « donne » la charge aux objets électriques. Cette particule a déjà un nom : le boson de Higgs. ●

Pour en savoir plus :

Les particules élémentaires, par Étienne Klein. Collection Dominos, Éditions Flammarion.

Les briques de la matière : des atomes aux galaxies

Les chercheurs se questionnent depuis des lustres sur la structure de la matière. Les Grecs de l'Antiquité prétendaient que la matière était un mélange continu de quelques éléments premiers (eau, terre, feu, etc.). Et ils étaient persuadés qu'on pouvait diviser tout objet en gouttelettes ou morceaux de plus en plus fins, et ce, jusqu'à l'infini.

Quatre mille ans plus tard, au début du XX^e siècle, les physiciens ont découvert que la matière était composée de petits fragments, les atomes (le mot signifie « ne peut se diviser »), qui s'agencent en différentes structures pour créer tous les matériaux connus. Ces atomes se composent eux-mêmes d'un petit noyau entouré d'un nuage de particules chargées : les électrons. Tout naturellement, la curiosité a poussé les scientifiques de l'époque à se demander si ce noyau était formé à son tour d'autres particules encore plus petites.

C'est ainsi qu'on a découvert l'existence des protons et des neutrons, en lançant des noyaux à grande vitesse sur une cible et en observant les résultats de la collision.

Longtemps, ces particules ont été considérées comme fondamentales tellement elles résistaient à tout impact. Il a fallu attendre la mise au point des accélérateurs géants pour enfin réussir à briser les protons et découvrir de nouvelles particules : les quarks. Une des théories les plus populaires, celle du modèle standard, suggère que la chaîne s'arrête avec les quarks.

Selon cette théorie, le monde serait composé de particules fondamentales, les fermions, qui interagissent avec d'autres particules « transportant » la force, les bosons. Puisque les particules fondamentales ne vivent pas assez longtemps pour se manifester clairement sur Terre, elles ne nous sont accessibles que par le biais d'instruments dont on interprète les signaux.

À L'AUBE DE SON PREMIER CENTENAIRE

LA CHIROPRATIQUE UNE SCIENCE ET UNE PROFESSION JEUNES ET EN PLEINE EXPANSION

Issue d'observations cliniques effectuées par D.D. Palmer, la chiropratique s'est d'abord développée aux États-Unis au début du siècle pour se propager ensuite à travers l'Amérique du Nord. Aujourd'hui, elle compte plus de 70 000 praticiens à travers le monde, dont environ 50 000 exercent aux États-Unis et plus de 3 000 au Canada. Le Québec, pour sa part, comptera à la fin du siècle plus de 1 000 chiropraticiens.

La chiropratique

La science chiropratique s'intéresse aux relations qui existent entre les fonctions du corps humain, que coordonne principalement le système nerveux, et les divers systèmes de l'organisme, puisque ces relations peuvent affecter le recouvrement et le maintien de la santé. Elle repose essentiellement sur le principe de la capacité du corps humain de recouvrer la santé lorsqu'il est atteint dans son intégrité fonctionnelle. L'intervention du chiropraticien est d'abord dictée par la possibilité ou non de renverser par des moyens naturels, sans médicament ni chirurgie, une pathologie donnée.

La formation

Pour rendre le futur chiropraticien apte à intervenir de façon adéquate et sécuritaire auprès de ses patients, le programme de doctorat de premier cycle en chiropratique exige qu'il développe d'abord une aptitude à diagnostiquer avec exactitude l'état d'un patient, une qualité d'autant plus importante que ce futur chiropraticien sera un professionnel de la santé de premier contact que l'on consulte sans avoir, au préalable, été examiné par un autre professionnel de la santé. Puis, sa formation universitaire l'amènera à développer d'autres aptitudes pour déterminer l'approche thérapeutique appropriée,

prodiguer des traitements, conseiller des patients et, le cas échéant, les diriger vers d'autres professionnels de la santé.

L'Université du Québec à Trois-Rivières

Aujourd'hui, ce programme de formation est offert par l'Université du Québec à Trois-Rivières. Lancé en septembre 1993, il accueille cette année sa seconde cohorte d'étudiants, ce qui porte leur nombre à 90. Pour l'année scolaire 1994-1995, près de 600 demandes d'admission ont été acheminées à l'UQTR. Cette situation reflète bien la percée extraordinaire que les soins de santé naturels effectuent présentement dans notre société.

Le leadership des soins de santé naturels

La chiropratique occupe aujourd'hui le troisième rang des professions de la santé de premier contact dans le monde, après la médecine et la dentisterie. Ses dirigeants sont d'avis qu'elle deviendra au siècle prochain le leader des sciences de soins de santé naturels dans le monde. Cette éclosion sera due en grande partie à l'étendue de son champ d'intervention et à son infrastructure de recherche et de formation universitaire.

Affirmer que le XXI^e siècle appartiendra aux soins de santé naturels est à peine faire preuve de clairvoyance. Les éléments nécessaires à l'émergence de cette nouvelle culture de la santé sont d'ores et déjà en place et le processus est amorcé.



Le magazine

Québec Science

Fiable et passionnant !

Toute l'actualité

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

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

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

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



Abonnez-vous, réabonnez-vous et recevez

votre cadeau :

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



1 reliure pour un abonnement de deux ans

2 reliures pour un abonnement de trois ans

Abonnez-vous
Offrez un abonnement
Économisez jusqu'à 30%

Cette offre expire le 31 décembre 1994.

oui

je m'abonne à Québec Science

j'offre un abonnement

1 an (10 nos) 34,19 \$ TTC

2 ans (20 nos) 59,03 \$ TTC

3 ans (30 nos) 82,05 \$ TTC

Tarifs valables au Canada seulement.

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

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

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

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

(Allouez 4 semaines pour l'expédition)

Nom Prénom

Adresse no rue app.

ville province

code postal téléphone

Profession

Chèque Mandat-poste Visa MasterCard

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

N° de carte Date d'expiration /

Signature

Offert par : Nom Prénom

Adresse no rue app.

ville province code postal

Québec Science / Novembre 1994 **39**

QSM 1994-11

par Danielle Ouellet

Les ordinateurs : mi-automates, mi-calculatrices

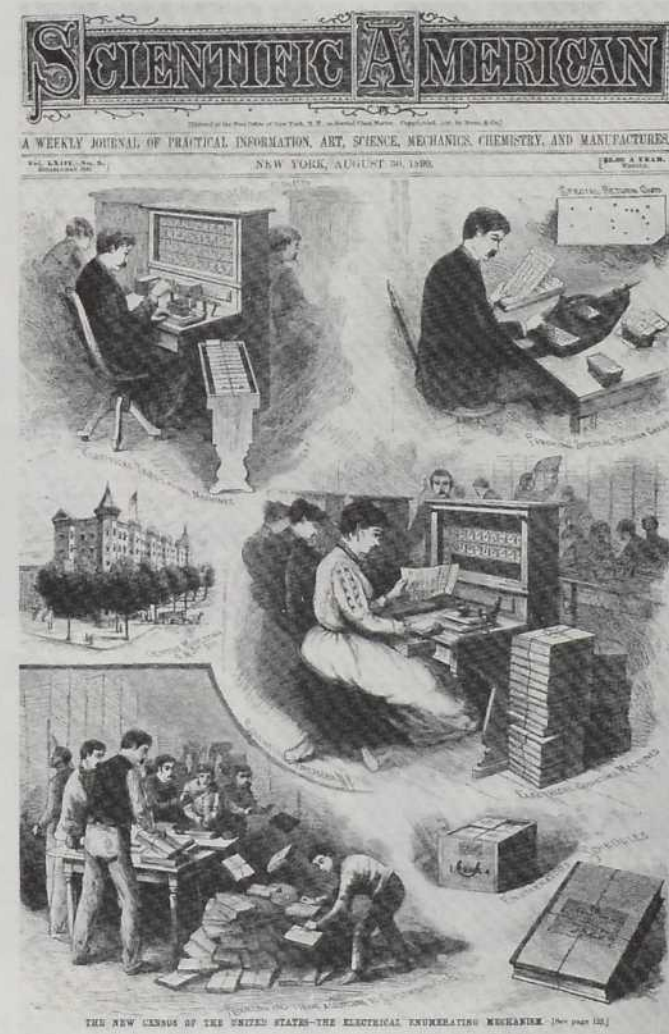
Pendant des siècles, automates et calculateurs se sont développés en parallèle. Ce sont les ancêtres de l'ordinateur.

Les premiers sont les ancêtres des êtres artificiels dont ont rêvé aussi bien les philosophes anciens que les inventeurs modernes. Les seconds se sont d'abord rendus utiles, dans les années 30, pour effectuer les calculs démentiels de la toute nouvelle physique nucléaire et sont devenus carrément indispensables durant la Seconde Guerre mondiale. Ces deux branches de la technologie ont finalement convergé pour aboutir à la naissance, au cours des années 40, des calculateurs géants, puis des premiers véritables ordinateurs.

L'automatisme a sans doute débuté lorsque les chasseurs primitifs ont inventé les pièges pour se soustraire aux courses épuisantes derrière leurs proies et à leur attaque meurtrière. L'animal qui tombe dans un trou recouvert de feuillage meurt des suites de ses propres mouvements, sans que l'homme ait besoin d'intervenir directement. C'est ce qu'on pourrait appeler la préhistoire des automates.

L'histoire, elle, a débuté avec les horloges à eau appelées clepsydres, destinées à remplacer les cadrans solaires, incapables de remplir leur tâche par temps nuageux. Les clepsydres ont donc été conçues pour mesurer le temps avec une grande régularité, en se contrôlant elles-mêmes.

Leur fonctionnement est particulièrement ingénieux. De l'eau provenant d'une source ou d'une canalisation remplit progressivement un réservoir cylindrique. À l'intérieur du réservoir, un flotteur dépo-



sé à la surface de l'eau soutient une statuette, masculine ou féminine, qui pointe un doigt sur un tambour fixe à l'extérieur. À mesure que le niveau d'eau monte, le doigt indique différentes graduations représentant les heures du jour et de la nuit.

Mais comment assurer un débit constant à l'intérieur de la clepsydre et un débit identique d'une horloge à l'autre ? Le premier véritable automatisme est attribué au mécanicien grec Ctésibios (300-270 av. J.-C.). Il

s'agit d'un petit pointeau, une tige à extrémité conique, coincé dans une cavité située entre le réservoir et l'arrivée d'eau. Si le débit augmente, le pointeau remonte et ralentit l'écoulement. S'il diminue, il redescend et laisse plus d'eau s'écouler. Le mécanisme permet d'assurer la régularité et la continuité du trajet de la statuette. Avec le temps, les Chinois et les Arabes lui apporteront de nombreuses améliorations.

Les systèmes de régulation occuperont des générations

d'horlogers qui raffineront sans cesse leur art. En plus d'indiquer l'heure, leurs horloges finiront par indiquer le jour et le mois, le tout ponctué par l'action de personnages ou d'animaux de plus en plus sophistiqués. Il s'agit là en fait des tout premiers automates.

Ces derniers atteignent, au cours du XVIII^e siècle, l'apogée de leur popularité. Le célèbre *Joueur de flûte* de l'artisan français Jacques de Vaucason (1709-1782) joue 12 morceaux différents tandis qu'une seule aile de son *Canard* — qui peut même digérer des aliments — compte 400 pièces articulées. Certains parlent, d'autres marchent jusqu'à une vitesse de 14 kilomètres à l'heure. Les plus étonnants sont sans doute les « hommes ou dames de voyage », dont le rôle est de remplacer le conjoint absent !

Les automates fonctionnent grâce à un principe qui remonte à l'Antiquité : l'arbre à cames. Ce principe est bien illustré par le piano mécanique où le défilement d'un rouleau marqué produit des notes. Il s'agit aussi des premières programmations dont on déplace progressivement l'usage vers l'industrie avec les cartons perforés mis au point par Falcon (1705-1765) pour les métiers à tisser. Ils sont par la suite perfectionnés par Joseph-Marie Jacquard (1752-1834), qui réalise des programmes pouvant nécessiter jusqu'à 10 000 cartes perforées ! En 1812, on compte 11 000 de ces cartons en France. Sur les métiers, l'aiguille ne passe que s'il y a un trou dans la carte : le principe est précurseur du langage

En décembre

Cinéma et effets spéciaux : une incursion chez les maîtres de l'illusion

Les dinosaures du *Parc jurassique*, les cascades dans *Terminator...* arrangés avec le gars des vues ? Le gars des vues n'y est pour rien. Ce sont des chimistes et des informaticiens qui illusionnent les cinéphiles.

par Félix Légaré

Pleins feux sur les carrières scientifiques

Les choix d'avenir les plus prometteurs. Mini-guide pour ne pas se retrouver sur le pavé avec un diplôme en poche.

par Stéphan Dussault

Vie de caribous

Remarquables, ces grands cervidés fascinent de plus en plus de randonneurs dans le parc des Grands Jardins, près de Québec. Tout — ou presque — sur la vie et les mœurs de ces animaux, mieux connus sous le nom de rennes du père Noël ou comme effigie sur nos trente sous.

par Raymond Lemieux

De plus, en primeur :

Une nouvelle de science-fiction inédite, signée Daniel Sernine, lauréat du grand prix de la science-fiction canadienne cette année.

inaire, et les cartes perforées seront encore employées en informatique dans les années 70.

Les calculateurs remontent également à des temps reculés. L'abaque, qui date de l'Antiquité, est une planche de bois gravée de colonnes parallèles : la colonne de droite pour les unités, les suivantes pour les dizaines, les centaines, jusqu'au million. Il suffit d'y déposer des cailloux ou des jetons pour des calculs rapides : 49, par exemple, est représenté par 9 cailloux dans la colonne de droite et 4 dans la suivante. C'est sur ce principe qu'est conçu le boulier chinois, les cailloux étant remplacés par des boules et les colonnes creusées, par des tringles.

D'apparence primitive, le boulier chinois est très efficace. Encore en 1945, un concours entre un Japonais muni d'un boulier et un Américain utilisant une calculatrice électronique donne le Japonais gagnant dans quatre cas sur cinq quant à la précision et à la vitesse des calculs. Le boulier a l'avantage d'être conçu pour n'importe quel système de numération. Par contre, il n'effectue pas le report de la retenue. Une imperfection majeure.

La première véritable machine à calculer est attribuée à l'Allemand Wilhelm Schickard (1592-1635), mais elle tomba rapidement dans l'oubli à la mort de son inventeur. L'histoire retient par contre l'apport de Blaise Pascal (1623-1662) qui, à l'âge de 19 ans, décide d'aider son père dans son travail d'intendant des finances en construisant la « pascaline ». Cette machine, dont « l'invention principale consiste en ce qu'une roue effectuant un mouvement de dix figures arithmétiques fait mouvoir sa voisine d'une figure seulement », reporte automatiquement la dizaine ou la centaine. Pascal vient d'inventer le calcul mécanique, et la pascaline remporte un énorme succès

Les automates les plus étonnants sont sans doute les « hommes ou dames de voyage », dont le rôle est de remplacer le conjoint absent !

d'estime à la cour. Mais, comme la technologie de l'époque ne permet pas de produire des pièces en série, le calculateur n'est pas largement diffusé.

Cependant, la pascaline exige toujours que l'on introduise les données et que l'on fasse avancer les roues à la main. Jusqu'à la fin du XIX^e siècle, il est impossible de parler d'automatisation du calcul, même si le procédé existe sous forme de cartes perforées.

Ces deux grandes techniques, le calcul mécanisé et l'automatisation par cartes perforées, allaient bientôt être réunies en une seule machine par l'Anglais Charles Babbage (1792-1871).

A l'époque, l'imprécision des tables numériques maritimes causait de fréquents naufrages en Angleterre. Financé à grands frais et pendant 19 ans par le gouvernement et par son amie Lady Lovelace, la fille de Lord Byron, Babbage conçoit les plans de deux machines à calculer d'avant-garde. Sur papier, celles-ci comportent une mémoire qui stocke les résultats intermédiaires. Mais, en réalité, les limites de la technologie empêchent Babbage de terminer son projet. Sa première machine n'est réalisée que partiellement, et les pièces de la seconde, plus de 200 accumulateurs de 25 roues chacune et de mille colonnes de roues à chiffres, attendent encore aujourd'hui d'être montées. Un Suédois en réalise cependant une version simplifiée qui fonctionne bien.

En s'inspirant des idées de Babbage, l'Américain Hermann Hollerith (1860-1929)

décide de simplifier l'analyse des données du recensement américain de 1890. Il fabrique lui-même ses machines statistiques et, le 10 août, six semaines seulement après le recensement, le gouvernement américain peut annoncer que la population du pays s'élève à 62 622 250 habitants. La compagnie fondée par Hollerith pour ces premières machines de traitement de l'information s'appelle la Tabulating Machines Corporation qui, en 1924, deviendra la désormais célèbre compagnie IBM (International Business Machines).

L'idée de Babbage continue de faire son chemin. L'auteur d'un *Essai sur l'automatisme*, en 1914, l'inventeur espagnol Leonardo Torres Quevedo (1852-1936), construit plusieurs machines à calculer en plus de son célèbre joueur d'échecs automatique qui accorde un roi et une tour pour la machine, mais seulement un roi au joueur humain...

La prochaine application pratique des idées de Babbage ne verra le jour que dans les années 30, alors que les recherches en sciences, surtout en physique nucléaire, imposent des calculs hallucinants aux chercheurs. C'est alors que l'Américain Vannevar Bush (1890-1974), du MIT, met au point un analyseur différentiel pour résoudre des équations rencontrées dans l'analyse des circuits électriques. Cet appareil, dont on reproduit sept ou huit exemplaires, restera pendant une décennie le plus puissant au monde pour résoudre des problèmes scientifiques. Il ne sera déclassé que par les calculateurs géants des années 40. ●

Pour en savoir plus :

Une histoire de l'informatique, par Philippe Breton. Éditions La Découverte, 1987, 262 p.
Histoire mondiale des sciences, par Ronan Conin. Seuil, 1988, 698 p.

par Raynald Pepin

Dans les nuages

Les gouttes de pluie n'ont pas la forme d'une larme, n'atteignent pas plus de 30 km/h et sont très sensibles aux forces aérodynamiques et gravitationnelles ! Bref, tout ce que vous devez savoir sur novembre, un mois ennuyeux comme la pluie.

Les jours sont peut-être plus courts en décembre, mais novembre est le mois gris par excellence avec une moyenne de moins de trois heures de soleil par jour ! Il pleut pourtant moins qu'en été en terme de quantité de précipitations. Toutefois, si les pluies de novembre sont moins intenses, il pleut plus longtemps.

Pour qu'il pleuve, il faut évidemment des nuages. Le soleil chauffe l'air près du sol et cet air, devenu moins dense, se met à monter, explique Gilles Brien, météorologue à Environnement Canada. La pression diminuant avec l'altitude, l'air se dilate et se refroidit. Plus l'air est froid, moins il peut contenir de vapeur d'eau. À un certain stade, les molécules d'eau commencent à s'agglutiner sur les noyaux de condensation : poussières, sels marins, polluants.

Les gouttelettes qui se forment, d'un diamètre inférieur à un micromètre (un millionième de mètre), engendrent les nuages. Ceux-ci sont plutôt vaporeux : un mètre cube de nuage ne contient qu'environ un gramme d'eau ! « Mais un seul nuage d'orage contient assez d'eau pour remplir deux ou trois piscines olympiques », évalue Gilles Brien.

Qu'est-ce qui déclenche la pluie ? C'est d'abord une question de poids. Au départ, les légères microgouttelettes chutent à des vitesses très faibles, moins d'un centimètre par seconde, et sont facilement gardées en altitude par de faibles courants ascendants. Pour



Pierre-Paul Pariseau

tomber, les gouttelettes doivent grossir davantage, explique le météorologue, et atteindre un poids qui dépasse la résistance de l'air. Cependant, diverses conditions doivent aussi être réunies pour provoquer la chute : humidité, température et hauteur du nuage.

Dès que certaines gouttes deviennent plus grosses que les autres, elles tombent plus rapidement, rattrapent certaines rivales et les incorporent à elles. Des gouttes de plus en plus grosses se forment et tombent de plus en plus vite. Différents mécanismes peuvent engendrer de grosses gouttes. Par exemple, si la température dans le nuage est inférieure au point de congélation, des cristaux de glace se forment. Le transfert de vapeur se fait des gouttes restantes au bénéfice

des cristaux : les cristaux grossissent et leur vitesse de chute s'accroît. En approchant du sol, ils pourront fondre et se transformer en gouttes de pluie. De grosses gouttes peuvent aussi naître de gouttes salées (formées à partir d'une particule de sel marin). Celles-ci captent la vapeur d'eau provenant des gouttelettes ordinaires, mais s'évaporent peu elles-mêmes à cause des fortes liaisons entre les molécules d'eau et les ions du sel.

Les gouttes qui tombent n'ont pas une forme effilée. Au contraire, les gouttelettes de moins d'un millimètre de diamètre sont presque parfaitement sphériques à cause de la prédominance de la tension superficielle. Les gouttes plus grosses prennent une forme qui dépend des forces aérody-

namiques et gravitationnelles. Le dessous des gouttes, soumis à une pression plus forte, s'aplatit. Sur les flancs et le dessus, la pression de l'air est plus faible que la pression atmosphérique; une courbure plus prononcée à ces endroits permet à la tension superficielle d'uniformiser les pressions à l'intérieur des gouttes. Les gouttes prennent ainsi une forme ressemblant à celle d'un petit pain, et non pas à celle d'une larme !

Quelle vitesse les gouttes atteignent-elles ? Quand on se fait prendre par une averse en vélo, on a une bonne occasion de l'estimer. Si on roule à bonne allure, à 30 km/h par exemple, et qu'on a les mains au fond du guidon, notre dos sera forcément incliné à environ 45 degrés de la verticale. Or, notre dos reste sec sous une pluie tombant à la verticale ! Ceci signifie que les gouttes les plus rapides tombent à une vitesse qui est plus faible que la nôtre. « La vitesse des gouttes les plus grosses ne dépasse pas neuf mètres par seconde, soit environ 30 km/h », confirme Gilles Brien.

Pour attraper une balle de baseball, il faut exercer une force sur la balle pour la ralentir et l'arrêter. De la même façon, quand on tient un parapluie, on doit immobiliser la mitraille de gouttes qui le frappent à neuf mètres par seconde. Quel effort cela exige-t-il ?

La force à exercer dépend évidemment de la quantité de pluie qui tombe. Une très grosse pluie, comme celle qui a provoqué de nombreuses inonda-

tions le 14 juillet 1987 à Montréal, déverse 10 centimètres d'eau à l'heure ! Un petit calcul montre que, pour résister à l'impact de la pluie, il faut alors exercer sur un parapluie d'un mètre carré une force correspondant au poids de trois pièces d'un dollar. Bref, rien pour se défoncer le biceps. C'est le vent qui menace d'emporter le parapluie, pas la pluie !

Si on est pris par la pluie sans parapluie, que faut-il faire pour être douché le moins possible : courir ou marcher ? Puisqu'on passe moins de temps sous la pluie si on court, on reçoit évidemment moins de gouttes sur le crâne et sur les parties horizontales de notre corps. Quant aux surfaces frontales, le nombre de gouttes qu'elles captent en un temps donné augmente avec la vitesse de course, mais, comme le temps passé sous la pluie décroît, le nombre total de gouttes reçues ne change pas. Bref, il est préférable de courir. Finalement, en se penchant, on diminue la surface frontale et le nombre de gouttes interceptées par l'avant du corps. Par contre, on augmente la surface horizontale : une analyse plus poussée montre qu'il n'est pas utile de se pencher, à moins d'aller très vite... ●

Addenda

En juillet-août 1989, dans le cadre du concours « La question du mois », cette chronique abordait la question de la couleur des vêtements portés dans les pays chauds. On conseille souvent de choisir des vêtements blancs ou de couleur claire afin de mieux réfléchir la lumière et les infrarouges et ainsi absorber moins de chaleur.

Pourtant, dans un article de la revue *Nature* (24 janvier 1980), les auteurs font remarquer que les Bédouins, des nomades vivant dans le désert au Moyen-Orient ou en Afrique du Nord, portent fréquemment des burnous de couleur noire plutôt que blanche ! Où est l'erreur ? Les Bédouins auraient-ils besoin d'un cours de physique ?

Pas du tout. Les chercheurs ont analysé les transferts de chaleur pour des personnes portant différents types de vêtements : un burnous noir, un burnous blanc, des shorts ou un uniforme kaki. L'expérience a été faite dans le désert du Néguev, en Israël, en plein soleil et par une température moyenne (mesurée à l'ombre) de 38°C.

Les burnous noirs absorbent effectivement deux fois et demie plus de lumière que les burnous blancs, et leur température de surface atteint 47°C contre 41°C pour les blancs. Pourtant, la quantité de chaleur atteignant le corps et la température de l'air près de la peau sont les mêmes quelle que soit la couleur du burnous !

Il faut savoir que les Bédouins portent en fait deux vêtements : une tunique intérieure et le burnous par-dessus. Selon les chercheurs, c'est une convection plus importante de l'air chaud entre les deux vêtements et à travers le burnous noir qui explique leurs surprenants résultats. Cette convection pourrait provenir d'un effet de soufflet — les deux vêtements s'éloignant et se pressant au hasard des mouvements et du vent — ou encore serait analogue au tirage d'une cheminée. L'air davantage chauffé sous le burnous noir s'élèverait et fuirait à travers le tissu, provoquant l'entrée d'air frais au bas du burnous.

Encore une question scientifique qui est moins simple qu'on ne l'aurait cru !

Pour Noël

Faites durer le plaisir avec un beau cadeau

Offrez Québec Science

Un parent, une amie, un collègue n'est pas abonné à Québec Science ?

Faites-lui plaisir. Profitez des Fêtes pour lui offrir son abonnement à Québec Science.

Avec 10 numéros par an, voilà un cadeau qui dure !

Québec
Science



Faites encore mieux !
Offrez un abonnement de 2 ou 3 ans, et votre abonné recevra en prime une reliure (abonnement de 2 ans) ou deux reliures (abonnement de 3 ans)



Commandes
téléphoniques

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

OUI

j'abonne la personne
suivante pour

- 1 an (10 n^{os}) 34,19 \$ TTC
 2 ans (20 n^{os}) 59,03 \$ TTC
 3 ans (30 n^{os}) 82,05 \$ TTC

Faites parvenir ce coupon à
Québec Science, CP 250, Sillery (Québec) G1T 2R1.
Pour information : (418) 657-4391.

Nom _____

Adresse _____
no. rue app.

_____ ville province

_____ code postal téléphone

Je paye par chèque Visa MasterCard
(à l'ordre de Québec Science)

N° de carte _____ Date d'expiration ____/____

Signature _____

À remplir par la personne qui abonne

Nom _____

Adresse _____
no. rue app.

_____ ville province

_____ code postal téléphone

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

Oui Non

Offre valide au Canada, jusqu'au 31 décembre 1994. Veuillez prévoir environ quatre semaines pour la livraison.
(TPS, TVQ et frais d'expédition inclus pour le Canada) TPS: R 1335 97427 / TVQ: 1013609086



- Juin 1993**
Le Guide des vacances
Hibernia
Les vélos high tech
Henri Atlan
- Mai 1993**
Dossier déchets
Réseau informatique Internet
Le diagnostic de la mort
- Avril 1993**
Libre-échange et technologie
Parcs technologiques
Les robots
- Mars 1993**
Dossier énergie
La vie secrète du Biodôme
Les modèles économiques
- Février 1993**
Dossier télé, radio, vidéo
Le prix d'une marée noire
Chirurgie pour nos routes
- Décembre-janvier 1993**
Effet de serre
Sida: le vaccin québécois
Les étoiles mortes
- Novembre 1992**
(30^e anniversaire)
30 experts imaginent l'avenir
Médecine génétique
La morue moribonde ?
- Octobre 1992**
Dossier biotechnologies
Implants mammaires
- Septembre 1992**
Le marché de la naissance
artificielle
Les voitures électriques
Télescopes, cloches
- Juillet-août 1992**
Dossier Biodôme
Dossier découvrir l'univers
Les jumeaux, le magnésium
- Juin 1992**
Spécial environnement
Dossier Biodôme
- Mai 1992**
Spécial innovation
Les nouveaux gourous de
l'économie
Les 25 ans de l'IRCM
- Mars 1992**
Objectif Mars
Michel Serres
Les trains ultrarapides
Les animaux malades de nos gènes

Il vous manque un Québec Science? Le voici.

Complétez votre collection.
Retrouvez le dossier ou l'article qui vous intéresse.
Plusieurs numéros de *Québec Science* sont encore disponibles. Certains sont en nombre très limité.
Commandes honorées jusqu'à épuisement.

Commandez dès maintenant.

- Février 1992**
La fusion nucléaire
Les insectes sociaux
- Décembre-janvier 1992**
Dossier santé mentale
La saga des découvreurs
Le fleuve en images
- Novembre 1991**
Spécial francophonie
- Octobre 1991**
Les premiers habitants du Québec
Radarsat
Grande Baleine
- Septembre 1991**
Mâle ou femelle
L'arthrite
Les cavernes du Mexique
- Été 1991**
Féerie sous le Saint-Laurent
Les plantes médicinales
Les microclimats
- Mai 1991**
Spécial environnement
- Avril 1991**
L'océanographie
Jean-René Roy, astrophysicien
La mathématique du chaos
- Mars 1991**
Danger au labo
L'agriculture durable
Le chaos ordonné
- Février 1991**
Les régimes amaigrissants
Rire pour guérir
L'archéologie américaine
- Décembre 1990**
Les vêtements high tech
La transfusion sanguine
Le téléphone de poche
- Octobre 1990**
La médecine sportive
Les écoles Fernand-Seguin
Le parc marin du Saguenay
- Septembre 1990**
Les médias du futur
L'avenir des sciences humaines
L'acupuncture
- Été 1990**
Les animaux de laboratoire
Les Galapagos
Science et handicaps physiques

- Mai 1989**
Spécial environnement
 - Avril 1989**
Forillon, Mingan, Mauricie
Les Grands Lacs
L'exploitation minière
 - Mars 1989**
Les boîtes noires des avions
La nouvelle dentisterie
Brenda Milner: la mémoire
 - Février 1989**
Pollution domestique
L'équipe spatiale du Canada
 - Janvier 1989**
Le réseau hydro-québécois
En finir avec les BPC
La masse cachée de l'Univers
 - Novembre 1988**
La sclérose en plaques
Satellite ou fibre optique?
Les roches lunaires
 - Septembre 1988**
Course auto et technologie
La navette soviétique
La microchirurgie
 - Juillet-août 1988**
Le bronzage
Les entreprises et l'environnement
Imax et Omnimax
 - Juin 1988**
Les ponts du Québec
La santé mentale
Les feux d'artifice
 - Février 1988**
L'imagerie médicale
Les radioamateurs
Les adolescents québécois
 - Janvier 1988**
La vie extraterrestre
L'ozone
Le mal de tête
- Également disponibles :**
(Encerclez)
1988 : mars, avril, mai, octobre, décembre
1989 : septembre, octobre
1990 : février, novembre
1991 : janvier
1992 : avril



Cochez les numéros désirés, remplissez le coupon et retournez cette page avec votre paiement à:
Québec Science, CP 250, Sillery, Qc G1T 2R1

Je commande _____ numéros à 4,35 \$ Total: _____
(poste, manutention et taxes incluses) TPS : 0,26\$ TVQ : 0,32\$

Nom _____

Adresse _____
no. rue app.
ville province
code postal téléphone

Je paye par chèque Visa MasterCard
(à l'ordre de Québec Science)

No de carte _____ Date d'expiration ____/____

Signature _____
Offre valide au Canada, jusqu'au 31 décembre 1994, selon la disponibilité. Étranger: tarifs sur demande.
TPS: R 1335 97427 TVQ: 1013609086

Prozac : le bonheur sur ordonnance ?

Par Peter Kramer. First-Documents, Paris, 1994.

Depuis sa mise en marché, en 1987, aux États-Unis, l'anti-dépresseur Prozac (fluoxétine) a connu une carrière médiatique fulgurante. La raison de cette popularité : contrairement à la plupart des substances qui régulent les humeurs

en agissant sur les amines du cerveau (dopamine, sérotonine, etc.), le Prozac entraîne peu d'effets secondaires. De plus, il a montré beaucoup d'efficacité dans le traitement des dépressions légères. Mais, surtout, il aurait la surprenante capacité de modifier, de manière positive, la personnalité de certains patients qui en consomment.

Dans *Prozac : le bonheur sur ordonnance ?*, le psychiatre américain Peter Kramer questionne les vices et vertus de cette nouvelle génération d'anti-dépresseurs. « J'avais l'habitude de voir la personnalité de mes patients se modifier lentement, écrit-il, mais, depuis quelque temps, je voyais des personnalités changer instantanément (...). Le Prozac



semblait donner de l'assurance aux personnes habituellement timides, de l'aplomb aux instables et des compétences sociales (...) aux introvertis. »

À la suite d'une série d'observations, Peter Kramer en vient à se demander comment un médicament censé réguler

des sécrétions cérébrales peut, en bout de ligne, altérer une personnalité. Est-il concevable que certains éléments d'une personnalité — habiletés sociales, image de soi, timidité — soient déterminés biologiquement ?

Le reproche que l'on peut faire au livre : son orientation pro-Prozac. Et on aurait aimé que l'auteur développe davantage certains passages. Par exemple, celui-ci : « Tous les patients ne réagissent pas au Prozac. Certains ne réagissent pas du tout, d'autres se remettent simplement de leur dépression, comme ils le feraient avec n'importe quel autre anti-dépresseur. » On voudrait bien comprendre pourquoi.

Luc Dupont

Et si nous étions seuls dans l'univers ?

Par Marceau Felden. Éditions Grasset.

On aurait pu intituler cette énorme brique — qui ne fait pourtant que 320 pages — pourquoi tant de gens n'aiment pas la science ? Un projet ambitieux — embrasser d'un coup d'œil l'histoire de l'Univers ! — qui semblait prometteur.

Après un lent démarrage, entravé par un style lourd et un vocabulaire étouffant, Marceau Felden, professeur de physique à l'Université de Paris-XI, nous entraîne dans l'aventure de la pensée humaine. Premier objectif : bien cerner l'émergence des divers outils qui nous ont fait passer de l'irrationnel (les dieux et les soucoupes volantes) au rationnel, le combustible avec lequel carbure plus que jamais le monde scientifique occidental. Comment, se demande Marceau Felden, imaginer l'Univers et la place qu'on y occupe avec les seuls outils de notre pensée puisque nous ne savons même pas d'où vient cette pensée ?

Jusque-là, ça va. Mais c'est en tentant de répondre à cette interrogation que la sauce commence à coller.

L'hypothèse de Felden, qu'il nomme ec-

pédèse, propose en gros que l'intelligence serait née d'une sorte de super mutation se produisant lorsqu'un organisme vivant atteint un certain seuil de traitement des informations.

Intéressant ? Disons que l'auteur met tant de temps et d'encre à étayer son hypothèse fort complexe qu'il finit par oublier de répondre directement à la question principale. Felden suggère que nous sommes seuls dans l'Univers. Sauf que sa démonstration se fait à travers un tel fouillis de détails, d'incessants retours en arrière et l'utilisation d'une terminologie si hermétique qu'on s'y perd continuellement. Bref, la vraie question qu'il pose est la suivante : avons-nous les outils nécessaires pour savoir si nous sommes seuls dans l'Univers ?

Et la réponse, on s'en doutait, est non.

Félix Légaré

CD-ROM

L'herbier Marie-Victorin

Éditions Crapo, 95 \$. Équipement requis : Macintosh LC (avec VRAM); mémoire vive de 4 Mo; moniteur 13 pouces couleur; système 7.0 ou plus; lecteur de CD-ROM.

Il y a peu de CD-ROM produits au Québec. Mais il faut signaler *L'herbier Marie-Victorin*, une véritable encyclopédie botanique pour les jardiniers en herbe qui propose à la fois un cours de botanique, une biographie du frère Marie-Victorin et une méthode précise pour faire un herbier.

Ce document multimédia débute par un exposé oral avec photos qui nous explique le rôle de l'herbier dans la recherche scientifique. Un glossaire de plus de 300 mots permet au profane de suivre les explications sans difficulté.

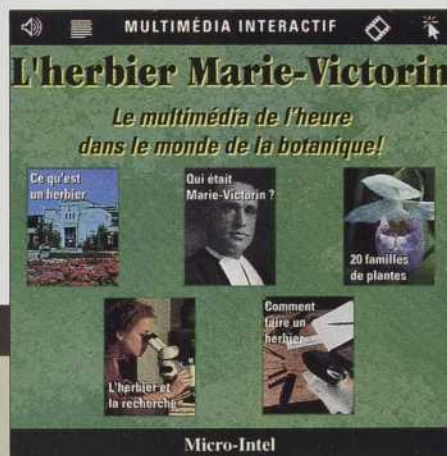
Le lecteur se retrouve ensuite devant un menu : A- Qu'est-ce qu'un herbier, B- Comment faire un herbier, C- La vie de Marie-Victorin, D- Un mini-jardin botanique qui nous permet

de découvrir 20 familles de plantes au Québec (port, feuilles, inflorescences, fleurs et fruits). Dans chaque cas, les informations sont présentées sous forme de textes, de graphiques, d'images, d'animations, de sons, de photographies et de séquences vidéo.

Ainsi, il est possible de visionner un mini-vidéo sur la procédure à suivre pour chaque étape de fabrication d'un herbier. De même, durant notre promenade dans le mini-jardin, tous les détails de chaque plante (fleur, feuille, fruit) nous sont montrés. De plus, chaque mot le moins scientifique est illustré en vert. Un clic, et l'explication du terme apparaît.

Le lecteur navigue à sa guise, selon ses intérêts, dans ce CD-ROM. Les photos et les vidéos sont de bonne qualité, les voix claires, les dessins impressionnants.

Claude Marcil



par Pedro Rodrigue

Grand reportage sur l'Univers

D'où venons nous ? Où allons-nous ? Pourquoi sommes-nous là ? Quel rôle avons-nous à jouer dans tout cela ? L'astrophysicien Hubert Reeves cherche depuis bien des années dans le ciel étoilé la réponse aux questions angoissantes qui ont fait naître un jour la science du giron de la philosophie. Il vient de publier aux éditions du Seuil *Dernières nouvelles du Cosmos*, où il trace la chronique détaillée de tout ce qui s'est passé depuis très exactement 10^{-43} seconde après le fameux Big Bang. Rien n'y manque, depuis la java torride des quarks changés en nucléons jusqu'à l'énigme de la masse manquante.

Québec Science : Vous semblez posséder une vision passablement anthropocentrique de l'Univers.

Hubert Reeves : Le phénomène de l'histoire de l'Univers que je trouve le plus fascinant, celui qui donne le plus à réfléchir, est celui qui a vu croître la complexité. Voilà l'élément nouveau qui ressort de la cosmologie contemporaine et que confirment les observations qui se font dans tous les autres domaines de la science. À partir d'un chaos initial, la matière s'est progressivement structurée pour atteindre une organisation de plus en plus complexe. Je ne veux pas faire de l'Homme le but de ce processus, mais, comme le niveau le plus élevé de cette organisation se manifeste — sur la Terre, du moins — dans l'intelligence humaine, je le constate et je m'interroge sur ce



John Foley © Seuil

que cela peut nous apprendre à propos de la nature. Pour moi, c'est là que réside la question centrale de la philosophie, plutôt que dans le débat ancien et stérile dans lequel on oppose matière et esprit. J'avoue volontiers avoir un parti pris anthropocentrique. Considérer ce bel Univers en fonction de ce qu'il semble avoir produit de plus complexe, plutôt qu'au simple point de vue d'une admirable mécanique, est évidemment un choix. C'est celui que j'ai fait et je n'en ai bien sûr aucun regret !

QS : Quel rôle joue cette complexité ?

HR : Je n'en sais rien. Teilhard de Chardin a été l'un des premiers à la souligner, mais l'explication qu'il y apportait, tirée de la religion, ne me satisfait pas. La science et la religion décrivent souvent les mêmes phénomènes, mais n'utilisent pas le même langage. Faire appel à une intelligence supérieure, que ce soit Dieu ou la nature avec un grand « N », pour expliquer le monde me semble être une solution de facilité.

QS : Mais alors, où cette complexification nous mènera-t-elle ?

HR : Excellente question, mais qui pourrait y répondre ? Ce qui m'intéresse davantage, c'est de savoir si la complexité est viable et jusqu'où elle peut évoluer. La nature a-t-elle eu une bonne idée de se lancer dans ce genre de procédé ? Quand on regarde les plantes ou les animaux, cela fonctionne avec une certaine harmonie, mais la réalité humaine semble parfois sur le point de nous ramener au chaos ! L'intelligence nous sert à comprendre l'Univers, mais elle nous sert aussi à fabriquer des armes, à créer la Bosnie et le Rwanda et ça, c'est inquiétant. La complexité, passé un certain niveau, ne risque-t-elle pas de se retourner contre elle-même ?

QS : Que reste-t-il à découvrir dans le domaine de la cosmologie ?

HR : La théorie du Big Bang, telle que nous la connaissons aujourd'hui, n'est pas sans faille, mais elle est fort acceptable. Ce qui reste à élucider notamment, comme je l'indique d'ailleurs dans les derniers chapitres de mon livre, c'est le problème de l'origine des galaxies. D'après ce que nous savons de l'âge et de la densité

de l'Univers, les galaxies ne devraient pas exister, car elles n'ont pas encore eu le temps de se former. Or, elles sont bel et bien là !

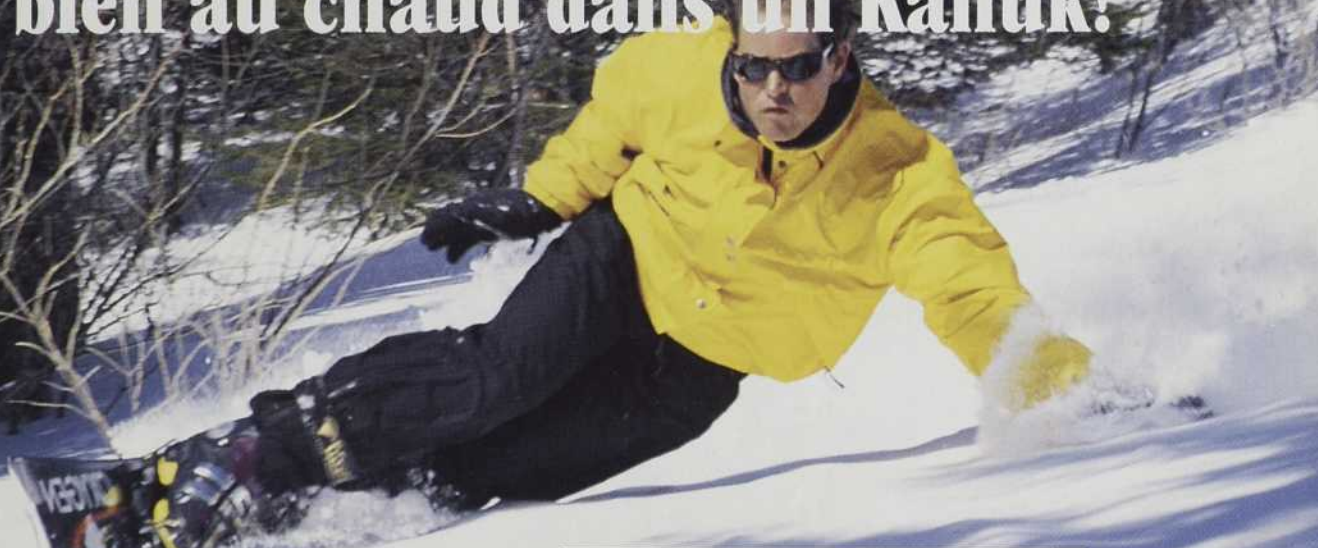
QS : Où est le problème ?

HR : Dans la « purée » initiale qui a suivi le Big Bang, la matière était répartie avec une si grande régularité qu'il est difficile de comprendre comment ont pu apparaître les germes qui ont donné naissance aux noyaux galactiques. De plus, la vitesse d'expansion de l'Univers aurait dû faire en sorte que, même s'il y avait des germes, la matière ne se concentre pas comme elle l'a pourtant fait. En théorie, l'Univers est encore trop jeune pour avoir bourgeonné de la sorte.

QS : Et s'il était plus vieux que les 15 milliards d'années qu'on lui accorde généralement ?

HR : Cela réglerait sans doute quelques problèmes, mais au risque d'en créer de nouveaux. D'ailleurs, personne ne s'accorde à ce sujet. Des astrophysiciens américains révisent à la baisse la constante de Hubble. D'autres, dont René Racine, de l'Université de Montréal, lui trouvent au contraire une valeur plus grande, ce qui tendrait à rajeunir l'Univers. Le problème de ces disparités en est essentiellement un de mesure des distances. Nous pouvons calculer avec beaucoup de précision la fuite des galaxies lointaines, mais personne n'est encore en mesure de savoir exactement où elles se trouvent. Les mesures les meilleures varient parfois du simple au double. Comme vous le voyez, les astronomes ne risquent pas de manquer de travail ! ●

Savourez chaque minute de l'hiver, bien au chaud dans un Kanuk!



ouson Sport - 394



L'Okapi - 595 \$



Le Coyote - 375 \$



Le Patrouilleur - 395 \$



Le Condor - 595 \$



Le Puma - 590 \$



L'Otarie - 525 \$

Vous trouverez

85 \$

de coupons-rabais
dans le catalogue
Kanuk

Seuls des gens qui vivent l'hiver au jour le jour peuvent penser à tous ces détails qui font des Kanuk des manteaux si chauds. Les Kanuk sont conçus ici.

Conçus et confectionnés au Québec pour le climat québécois

Voici quelques-uns des "secrets" de la chaleur Kanuk :

- Isolant de qualité supérieure
- Coupe différentielle et confection Kanuk : nous intégrons dans nos manteaux d'hiver des techniques développées pour isoler nos fameux sacs de couchage.
- Les coutures des Kanuk sont "isolées" : aucune ne traverse le manteau d'un bord à l'autre.
- Capuchon escamotable dans le col
- Grand col enveloppant ou col montant
- Vos lèvres sont protégées du contact froid de la fermeture à glissière par un rabat en polar
- Coudes préformés pour l'aisance : la coupe arrondie des manches permet une liberté de mouvement remarquable
- Poignets élastiques bloquant l'infiltration de neige
- Les coutures sont garanties sans condition!
- Vous porterez votre Kanuk avec bonheur année après année...

Un style qui ne se démode pas : un Kanuk sera toujours un Kanuk!

Catalogue gratuit!

tél. : 527-4494

fax : 527-5255

752, rue Rachel est Montréal H2J 2H5

Nom

Adresse

Ville Code postal

NOUS
CROYONS



EN
L'AVENIR!

Chaque année, nous investissons près d'un milliard de dollars dans la recherche d'avant-plan et la formation de chercheurs dans les universités canadiennes. Notre rôle est d'assurer l'épanouissement d'un milieu de recherche dynamique qui favorise la synergie et le transfert du savoir entre les secteurs universitaire, privé et gouvernemental.

Au fil des ans, notre engagement envers la créativité et l'excellence de la communauté universitaire s'est traduit par un appui soutenu aux chercheurs canadiens. Notre priorité est d'offrir des programmes d'aide à la recherche adaptés aux besoins des chercheurs et suffisamment souples pour permettre la poursuite des meilleures avenues de recherche.

L'avenir, c'est l'exploration scientifique et la réflexion sur nos sociétés. C'est aussi le rapprochement entre les établissements et les disciplines. En mettant l'accent sur la collaboration et la multidisciplinarité, des initiatives d'envergure nationale — comme les programmes Éco-recherche, du Génome humain ou des Réseaux de centres d'excellence — laissent déjà entrevoir un avenir prometteur.

Les conseils subventionnaires fédéraux rendent hommage aux chercheurs dont les travaux permettent de repousser les frontières du savoir et contribuent au bien-être des Canadiens et Canadiennes.

Votre engagement et votre persévérance sont notre raison d'être.



Conseil de recherches en sciences humaines
Conseil de recherches médicales
Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie

Canada