

3,25 \$

Volume 30, numéro 1

SEPTEMBRE 1991

PER
J-69

QUÉBEC SCIENCE

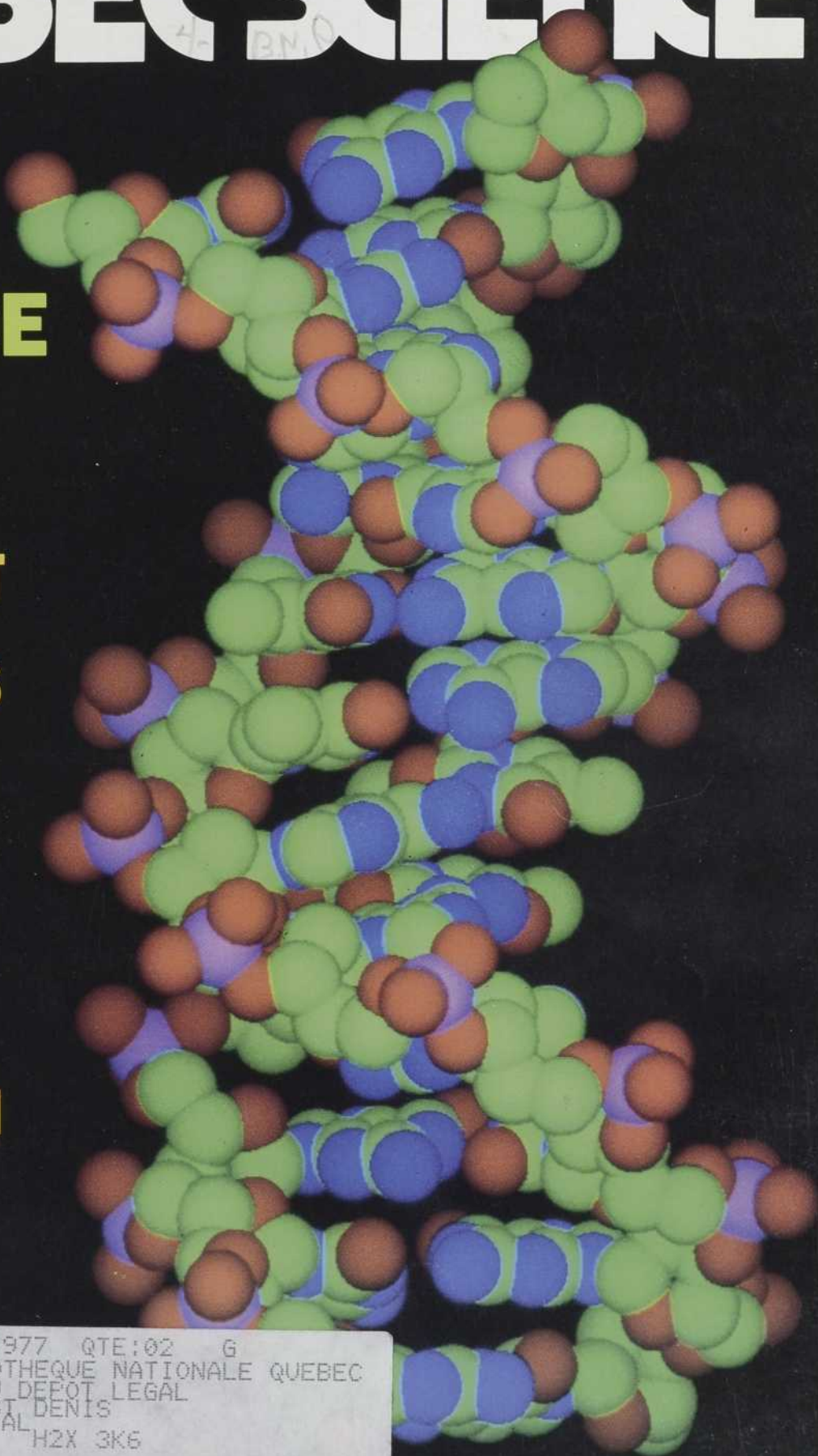
**MÂLE OU FEMELLE
LE GÈNE
QUI DÉCIDE**

**INDONÉSIE ET
ENVIRONNEMENT**

**L'ELDORADO DES
SPÉLÉOLOGUES**

**L'ARTHRITE
RHUMATOÏDE**

**CIRCULATION
UNE RÉVOLUTION
ÉLECTRONIQUE**



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

Il y a les TÉLÉCOPIEURS, et il y a «L'APPROCHE TÉLÉCOPIE» de BELL.

C'est une question de vue d'ensemble.

Chez Bell, notre approche en matière de télécopie tient compte de la globalité de vos besoins. Nous vous offrons un choix de télécopieurs, différentes modalités de paiement, un forfait interurbain, un service de diagnostic 24 heures et, bien sûr, la ligne de transmission.

LES TÉLÉCOPIEURS DE BELL : AUSSI VARIÉS QUE VOS BESOINS

Si les vôtres sont limités, le modèle compact TF181 de Bell est la solution tout indiquée. Très abordable, il est idéal pour le bureau, et même pour la maison.

Si par contre vous transmettez un fort volume de documents, les modèles IMAGEFAX^{mc} 505 et 505S vous aident à économiser du temps ; ils permettent de recevoir des documents tout en mettant en attente ceux qu'on veut envoyer.

De plus, le 505S transmet une page en seulement 6 secondes.

UN CHOIX DE MODALITÉS DE PAIEMENT

Notre approche vous permet aussi de choisir entre l'achat pur et simple et la location avec le Contrat à tarifs

fixes assorti de la garantie de service de Bell.

L'OPTIMISATION DE VOS COÛTS AVEC LE FORFAIT FAXCOM^{mc}

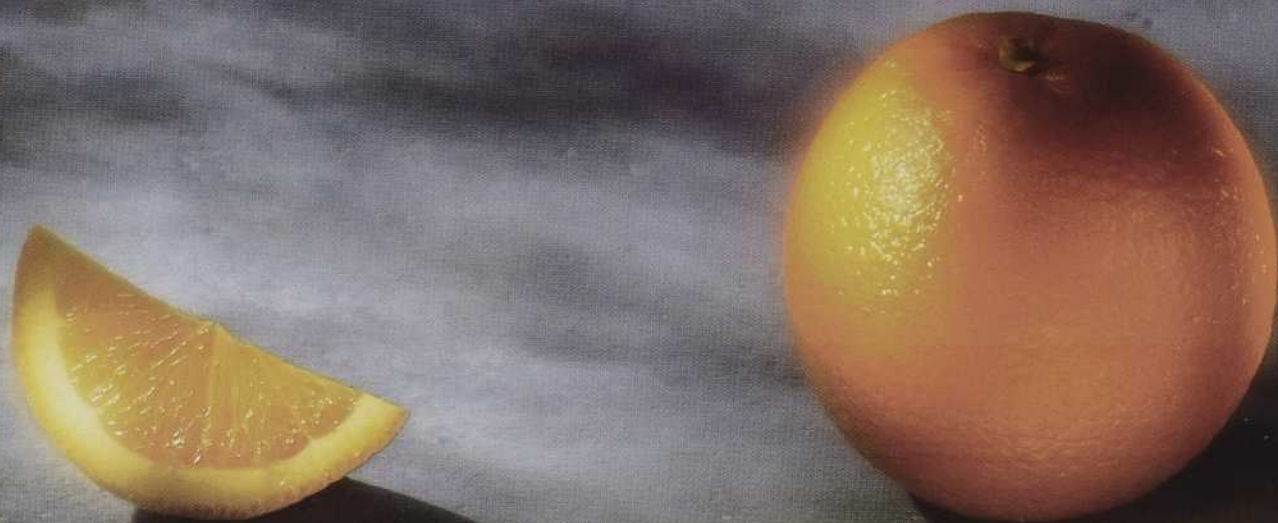
Le forfait FAXCOM^{mc} vous aide à tirer le maximum de votre budget de télécommunications ; il vous donne droit à des tarifs réduits pour vos transmissions interurbaines par télécopieur, au Canada ou aux États-Unis et ce, quel que soit le fournisseur de votre appareil.

L'INTÉGRATION PRODUIT-SERVICE

En choisissant le même fournisseur pour votre ligne et votre télécopieur, vous avez l'assurance d'un service rapide et efficace en tout temps. En cas d'anomalie, un simple appel à notre centre de diagnostic 24 h et nous décelons la nature du problème, quelle qu'en soit l'origine.

Choisir un télécopieur chez Bell, c'est opter pour une gamme de solutions intégrées qui augmentent la productivité de votre entreprise. «L'approche télécopie», c'est une question de vue d'ensemble.

Pour en savoir plus long, appelez-nous au 1 800 668-BELL.



Bell
des gens de parole

ARTICLES

14 Mâle ou femelle... Qu'est-ce qui nous rend sexx/xy?

Quand la recherche scientifique prend les allures d'une enquête, c'est que l'ennemi est de taille et le suspect bien caché.

Par Pierre Sormany

22 Un décongestionnant électronique pour la circulation

En attendant la venue de l'automobile sans conducteur, l'ordinateur se transforme en un véritable agent de la circulation.

Par Étienne Denis

28 Quand l'Indonésie se met à parler d'environnement

Se développer en polluant moins : un objectif vers lequel tend ce pays-archipel, aidé en cela par le Canada.

Par Ève-Lucie Bourque

34 Art et technologie pour tous les goûts

L'exposition « Images du futur », plus variée que jamais, est une des principales attractions du Vieux-Port de Montréal.

Par Étienne Denis

36 La Sierra Negra : l'eldorado des spéléologues

Comme dans un roman de Jules Verne, un merveilleux voyage au centre de la Terre, dans les cavernes du Mexique.

Par Jean Benoît Nadeau

41 L'arthrite rhumatoïde, ennemi jeune et tenace

Une maladie moderne, sans cause connue, aux méfaits dévastateurs et qui demeure un douloureux mystère.

Par Guy Paquin



Page 14



Page 22



Page 28



Page 36

CHRONIQUES

7 ACTUALITÉ

Par l'Agence Science-Presses

SPÉCIAL ACFAS

Érablières : la télédétection à l'œuvre

Le problème du mercure était inévitable à la Baie-James

Les pneus usés : dans le four à coke !

Les nouvelles technologies de reproduction

Un réseau de châteaux de cartes

Une danse anaérobie pour l'eau polluée

Hugo : éthique et génétique

Conserver la chaleur

Un laser fait au Canada

Soyez optimiste... mais pas trop !

« En un clin d'œil »

44 LA DIMENSION CACHÉE

Les marées rouges

Par Raynald Pepin

5 ENTRE LES LIGNES

47 EN VRAC

49 À LIRE

Voici le temps du monde fini

La médecine en observation

Les insectes de l'Amérique du Nord

Guide des poissons d'eau douce du Québec

50 DANS LE PROCHAIN NUMÉRO

QUÉBEC SCIENCE, magazine à but non lucratif, est publié 10 fois l'an par les Presses de l'Université du Québec. La direction laisse aux auteurs l'entière responsabilité de leurs textes. Les titres, sous-titres, textes de présentation et rubriques non signés sont attribuables à la rédaction. Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés.
Téléc: 051-31623
Dépôt légal: Bibliothèque nationale du Québec
Troisième trimestre 1991, ISSN-0021-6127
Répertorié dans Point de repère et dans l'Index des périodiques canadiens.
© Copyright 1991 - QUÉBEC SCIENCE
PRESSES DE L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

Imprimé sur papier contenant 50 % de fibres recyclées et 20 % de fibres désencrées (post-consommation).



**QUÉBEC SCIENCE
EXPLORE**

(Pour devenir membre, voyez à la page 48.)



Voir page 4

QUÉBEC SCIENCE

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

On peut rejoindre la rédaction
de Québec Science par courrier électronique,
au numéro Infopuq QS 00100,
ou par télécopieur: (418) 657-2096

DIRECTEUR DE LA RÉDACTION

Jacki Dallaire

Révision linguistique
Robert Paré

Recherches iconographiques
Ève-Lucie Bourque

Comité de rédaction

Ève-Lucie Bourque, Jacki Dallaire,
Benoît Godin, Richard Hodgson,
Gilles Lachance, Yvon Larose, Patricia Larouche,
Angèle Tremblay

Collaborateurs

Ève-Lucie Bourque, Claire Chabot,
Françoise Côté, Marie-Noëlle Delatte,
Pierre Dubois, Bernard Duchesne, Claire Gagnon,
Sylvie Gourde, Daniel Guérin, Elaine Hémond,
Monique Lambert, Yvon Larose, Lyne Lauzon,
Raymond Lemieux, Gilles Parent, Raynald Pepin,
Jean-Guy Rens, Sylvie Varin
Agence Science-Press (514) 522-1304

PRODUCTION

Conception graphique
Richard Hodgson

Photo couverture
J.C. Revy - CNRI / Publiphoto

Séparation de couleurs
Les ateliers haut registre inc.

Impression
Imprimerie l'Éclaireur

COMMERCIALISATION

Promotion
Marie Prince

Publicité
Jocelyne Savard

Abonnements
Nicole Bédard

Distribution en kiosques
Messageries dynamiques

Québec Science remercie le gouvernement
du Québec de son aide financière accordée dans le
cadre du Programme de soutien aux revues
de culture scientifique et technique.

Membre de: The
Audit Bureau **CPPA**

Québec Science est produit gratuitement
sur cassette par l'Audiotèque,
pour les personnes handicapées de l'imprimé.
Tél.: (418) 648-2627

Abonnements

Au Canada:	1 an (10 numéros):	29,96 \$
	Groupe (10 ex./même adresse):	26,75 \$
	2 ans (20 numéros):	52,43 \$
	3 ans (30 numéros):	72,76 \$
	A l'unité:	3,25 \$
À l'étranger:	1 an (10 numéros):	39,00 \$
	2 ans (20 numéros):	68,00 \$
	3 ans (30 numéros):	95,00 \$
	A l'unité:	4,00 \$

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

Pour abonnement ou changement d'adresse:
QUÉBEC SCIENCE
C.P. 250, Sillery G1T 2R1

Entre les lignes

EXPLORER, DANS TOUS LES SENS

Le temps des vacances est terminé, mais pas celui des découvertes, et ce premier numéro de Québec Science pour la rentrée demeure résolument sous le signe de l'exploration, dans tous les sens du terme.

L'exploration géographique, d'abord. Ève-Lucie Bourque, dans un article sur un sujet brûlant d'actualité, nous emmène en Indonésie, où le développement, grâce à l'aide d'un pays industrialisé (en l'occurrence le Canada), est désormais indissociable de la préservation de l'environnement. Cet effort constitue une première mondiale et un exemple à suivre.

Puis il y a l'exploration dans l'un de ses aspects les plus spectaculaires : la spéléologie. Et pas n'importe où ! En effet, c'est dans la Sierra Negra, véritable eldorado des spéléologues, que nous entraîne Jean Benoît Nadeau, en un voyage où se marient la science et le sport, et où le monde souterrain s'illumine tout à coup et devient autre chose qu'un abîme sans fond et sans nom.

Étienne Denis, quant à lui, explore les différentes avenues (c'est le cas de le dire) de la circulation routière de l'avenir. À l'aube du 21^e siècle, la science-fiction devient la technologie du quotidien des automobilistes, et l'ordinateur se voit confier la tâche de simplifier une activité devenue incontrôlable. Mais la décongestion des routes devra-t-elle passer par l'encombrement du tableau de bord ?

L'exploration, c'est aussi la recherche scientifique proprement dite, qu'elle soit médicale ou autre. Dans un article sur une maladie encore jeune mais dévastatrice, Guy Paquin nous entraîne au pays de l'arthrite rhumatoïde. Le voyage est palpitant, mais hélas ! le suspect – la cause de cette maladie – court toujours, sans qu'on parvienne à mettre le doigt dessus.

Autre domaine exploré, autre enquête scientifique passionnante : la différenciation sexuelle. Pierre Sormany nous apprend qu'on a déjà découvert le gène responsable de la formation du mâle dans l'espèce humaine et qu'il faut maintenant tenter de remonter le temps, à la recherche de la séparation évolutive entre les sexes.

Par ailleurs, dans la chronique « Actualité » ont été explorées pour nous les nombreuses manifestations du dernier congrès de l'ACFAS, tandis que Raynald Pepin poursuit jusque dans nos veines son exploration de la « Dimension cachée ».

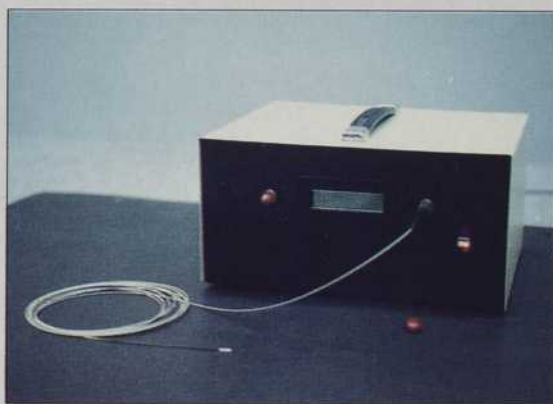
La rentrée, c'est peut-être la fin des vacances, mais c'est aussi le retour à l'école, le retour au travail, et cela signifie de nouvelles matières à étudier, de nouveaux défis à relever, en somme, de nouvelles avenues à explorer. Bonne lecture !

Jacki Dallaire

DES FIBRES OPTIQUES POUR MESURER LA TEMPÉRATURE

Un prototype unique

On associe les fibres optiques aux télécommunications. Il est vrai que l'arrivée de ces petits cylindres conducteurs de lumière a insufflé un nouvel essor à l'industrie des télécommunications. Mais de plus en plus, les fibres optiques sont utilisées dans divers champs d'application. Ces fibres caméléons, aux qualités exceptionnelles, s'adaptent aux utilisations qu'on veut bien leur prêter. Ainsi, les scientifiques de l'Institut national d'optique, entreprise de recherche de pointe située dans le Parc technologique de Québec, ont mis au point une jauge thermométrique à fibres optiques, une sorte de thermomètre ultra-sophistiqué.



« Un nouveau produit qui représente un marché potentiel très prometteur », souligne son concepteur Claude Belleville, ingénieur en physique. C'est que ce dispositif possède un atout très recherché dans le milieu industriel : la fibre optique ne produit aucune interférence et n'est pas affectée par son environnement. Même l'environnement le plus hostile, comme celui d'un champ électromagnétique de haute intensité. Voilà qui résout certains problèmes des fabricants de transformateurs à haute tension. En effet, lorsque arrive le temps de mesurer

la température des enroulements d'un transformateur, les jauges traditionnelles, comme les thermocouples composés de deux fils de métal, peuvent induire un arc électrique et endommager le matériel, et inversement, le champ électromagnétique peut affecter le capteur. Résultat : la lecture de la température sera faussée. « Alors que les fibres optiques, qui ne sont en fait qu'un minuscule tuyau de verre gainé et traversé d'un jet de lumière, sont immunisées contre les champs électromagnétiques », souligne Claude Belleville.

L'industrie agro-alimentaire est également intéressée par la thermométrie à fibres optiques. Mesurer la température des aliments chauffés par micro-ondes avec une jauge traditionnelle pose certains problèmes de précision : comme on le sait, micro-ondes et métal ne font pas bon ménage, alors que l'immunité des fibres optiques les rend tout à fait compatibles avec les micro-ondes. Les nombreux avantages des capteurs à fibres optiques – leur résistance, leur petit diamètre, leur sensibilité et leur précision – attirent aussi l'attention des milieux médical et aéronautique. Dans le premier cas, la jauge se révélera utile lors de contrôles *in vivo*. Dans le second cas, on pourra concevoir une structure intelligente, c'est-à-dire intégrer un réseau de fibres optiques à la structure d'un avion, pour connaître, en tout temps, l'état de l'appareil.

Ces applications commencent à peine à percer. « Le marché en est à ses débuts et l'Institut national d'optique poursuit ses efforts pour intéresser l'industrie à ce nouveau produit », reconnaît Claude Belleville. En fait, ce qui freine son expansion est son coût élevé. « Mais déjà les prix commencent à baisser, et puis, l'Institut a mis au point un prototype unique par sa performance et sa compétitivité. » Voilà qui illustre l'avancée technologique du Québec dans le domaine de l'optique !

ACTUALITÉ

par l'Agence Science-Press

Spécial
ACFAS

Sous le thème « La recherche scientifique, une richesse à partager », l'Association canadienne-française pour l'avancement des sciences (ACFAS) a tenu à l'Université de Sherbrooke, du 20 au 24 mai, son 59^e congrès annuel. Soixante-cinq colloques, 1 600 communications, 3 350 congressistes, le succès populaire et scientifique de ce congrès a dépassé les espoirs de ses organisateurs. Voici ce que nous en ont rapporté nos journalistes.

La recherche se poursuit dans toutes les directions pour résoudre le problème du dépérissement des érablières. Ainsi, au récent congrès de l'ACFAS, une chercheuse sherbrookoise a proposé une méthode de dépistage par télédétection basée sur la « réflectance », l'une des propriétés spectrales des feuilles.

« La réflectance, c'est le pourcentage de la lumière reçue qui est réfléchi par un objet, a expliqué Catherine Palmier, du Centre d'application et de recherche en télédétection (CARTEL) de l'Université de Sherbrooke. L'intérêt, c'est que ce pourcentage varie selon que l'arbre est malade ou en santé. »

Des recherches ont déjà montré que, lorsque le contenu en eau ou la teneur foliaire en chlorophylle baissent (signes indicateurs de stress chez l'arbre), les propriétés optiques des feuilles des végétaux changent. « Autrement dit, poursuivait la chercheuse, lorsqu'il y a dans les feuilles moins de chlorophylle pour capter la lumière, une plus grande proportion s'en trouve automatiquement réfléchi, ce qui crée une variation mesurable par rapport à un arbre sain. »

À l'été 1990, Catherine Palmier, docteure en écophysiologie végétale, et Colette Anseau, professeure au département de biologie de l'Université de Sherbrooke, décident de tester pour la première fois le potentiel de cette méthode de détection du dépérissement sur des érables à sucre. Deux érables, l'un sain, l'autre considéré comme

ÉRABLIÈRES : LA TÉLÉDÉTECTION À L'ŒUVRE



Martin Croteau / CARTEL, Université de Sherbrooke

dépéri, furent choisis dans l'érablière expérimentale du Centre de recherche acéricole de Tingwick (près de Warwick). L'analyse des spectres de réflectance des feuilles à l'aide d'un spectroradiomètre révéla effectivement, chez l'arbre dépéri, une augmentation de la réflectance. Parallèlement, on observa une baisse importante de la chlorophylle.

Ce lien entre les caractéristiques spectrales et un élément biologique indicateur de la santé de l'arbre est fort important. Selon Catherine Palmier, on tient peut-être là une méthode de dépistage précoce des érables en voie de dépérissement.

Fortes de ces résultats, les deux chercheuses ont commencé cet été la seconde phase, nettement plus ambitieuse, de leur étude : la vérification sur le terrain des travaux de laboratoire. Ainsi, des érablières de la Beauce, une des zones les plus touchées par le dépérissement, ont été survolées à l'aide d'avions légers.

Les scientifiques ont utilisé un spectromètre « imageur », produit de la toute nouvelle génération de capteurs aéroportés. Analysant le couvert végétal du haut des airs, les spectromètres donnent une mesure du spectre de la réflectance qu'aucun

satellite ne peut rendre actuellement. Grâce à leur grande résolution spectrale, ces appareils peuvent, comme les spectroradiomètres au sol, détecter les dégradations fines du fonctionnement d'un végétal. En comparaison, les satellites ne voient le dépérissement que lorsque survient la décoloration ou la chute des feuilles.

Les résultats des tests de cet été détermineront si la télédétection du dépérissement à l'aide de spectromètres imageurs peut être envisagée sur une grande échelle au Québec. Dans l'affirmative, la conséquence pourrait être de taille car, comme l'a souligné la chercheuse, « l'expérience a montré que la progression du dépérissement est très rapide, une fois que les symptômes visuels se sont manifestés. Une méthode de détection précoce nous permettrait de réagir plus efficacement et d'obtenir de meilleurs résultats avec les traitements préventifs, comme la fertilisation. »

Luc Dupont

CONSERVER LA CHALEUR

En raison de l'éclairage, des appareils ou d'un haut taux d'occupation humaine, certains édifices à bureaux produisent le jour d'importantes quantités de chaleur. Selon des chercheurs de l'École Polytechnique de Montréal, cette chaleur pourrait être récupérée. Les chercheurs sont présentement à mettre au point un panneau de gypse, imprégné de paraffine, capable d'emmagasiner l'excédent calorifique diurne pour le redistribuer la nuit. La paraffine est un matériau dit « à changement de phase » : en période de chaleur, il passe facilement de l'état solide à l'état liquide, et vice-versa, processus lui permettant de stocker cinq fois plus d'énergie qu'un panneau normal. Les scientifiques croient que leur produit pourrait contribuer à alléger la demande énergétique, notamment lors des périodes de pointe.

LE PROBLÈME DU MERCURE ÉTAIT INÉVITABLE À LA BAIE-JAMES

L'impact le plus négatif des travaux de la Phase 1 de la Baie-James serait l'accumulation du mercure dans la chaîne alimentaire. Jusqu'à cinq fois les taux naturels chez les poissons du réservoir LG2, encore plus chez ceux de la rivière La Grande. Et il faudra attendre de 20 à 30 ans pour voir ces taux revenir à la normale. Tel est le bilan qu'ont dressé, lors du dernier congrès de l'ACFAS, quelques-uns des scientifiques qui mènent depuis 17 ans des recherches dans ce vaste territoire.

Richard Verdon y a présenté les résultats d'une étude sur le mercure commandée par Hydro-Québec. Le mercure est présent partout dans l'environnement, notamment dans les roches du Bouclier canadien, ce qui explique que les taux naturels y soient élevés. Mais lorsqu'il y a inondation de vastes territoires, il y a aussi immersion de matière végétale. La décomposition de celle-ci, qui se fait surtout au cours des trois années suivantes, libère du mercure dans l'eau, où il est rapidement assimilé par les poissons.

Ce sont les espèces se nourrissant de plancton qui sont affectées les premières. Cinq ans après la mise en eau du réservoir LG2, on mesurait chez le grand corégone des taux de 0,57 mg/kg, alors que la norme canadienne, pour la commercialisation, est de 0,5 mg/kg. Depuis, les taux sont à la baisse, sans cependant avoir encore rejoint ceux des milieux naturels. Chez les poissons carnivores, l'effet est plus lent, mais neuf ans après l'inondation, soit en 1988, on calculait 2,99 mg/kg de mercure chez le brochet, et ces taux augmentent toujours.

En aval du réservoir, dans la rivière La Grande, ce sont les espèces non carnivores qui



Dans la rivière La Grande, le grand corégone affiche un taux de mercure de 1,22 mg/kg.

affichent l'augmentation la plus spectaculaire du taux de mercure, dont 1,22 mg/kg chez le grand corégone. L'explication la plus plausible est que ce dernier profite de l'arrivée de poissons déchetés venant des turbines du barrage LG2 pour découvrir le goût de la chair...

Au bout de la chaîne alimentaire, ce sont les Indiens cris de la région qui sont les plus affectés par le mercure, lequel s'attaque au système nerveux et retarde le développement du fœtus. Des mesures de remplacement, comme l'ensemencement d'étangs, la pêche en milieu naturel seulement, la diversification de la chasse, ont permis de constater une régression des taux. Ainsi, une étude du Dr Charles Dumont indique que 48 personnes avaient, en 1984, un taux supérieur à 60 mg/kg, alors qu'il n'en reste qu'une en 1989. La norme du Conseil cri de la santé est de 9 mg/kg.

Aurait-on pu éviter cela ? Hydro-Québec croit que non. Car des mesures comme le prélèvement de la végétation avant l'inondation ne sont pas rentables, tandis que le brûlage des arbres ou l'ajout de substances diverses dans l'eau comportent des effets secondaires indésirables ou mal connus.

Marielle Champagne

LES PNEUS USÉS : DANS LE FOUR À COKE !

Pendant que les gouvernements se débattent avec la « patate chaude » des pneus usés, de nouvelles solutions de recyclage continuent de naître en laboratoire.

Une étude menée au Laboratoire fédéral de recherche sur la combustion et la carbonisation, à Ottawa, révèle la possibilité de brûler les vieux pneus dans les fours à coke. Le coke métallurgique est ce produit de la combustion du charbon qu'utilise la sidérurgie dans la fabrication de l'acier.

Les résultats de cette recherche, présentés au 59^e congrès de l'ACFAS, montrent qu'en remplaçant dans les fours 5 % du charbon par des pneus broyés, on obtient un coke de qualité égale à ce qui se fait habituellement sur le marché.

« C'est un résultat fort intéressant, indiquait l'un des auteurs de l'étude, le chercheur J. A. MacPhee, surtout si on considère qu'il suffirait de remplacer 1 % seulement de tout le charbon utilisé dans l'industrie pour brûler la production annuelle totale de pneus usés de l'Ontario. »

Même si les pneus contiennent une proportion de plomb estimée à 300 ppm, leur combustion ne représente pas, selon le chercheur, une réelle menace environnementale. « La technologie actuelle des fours à coke nous permet d'isoler et de contrôler assez facilement les émanations toxiques. Seul le zinc utilisé pour fabriquer le flanc blanc du pneu nous inquiète, car il dégrade les parois internes des fours. »

M. MacPhee espère se lancer bientôt dans la phase pilote de l'étude. Les tests de combustion seront alors effectués dans des fours à capacité industrielle de

250 kilos. Jusqu'à maintenant, l'industrie sidérurgique ontarienne s'est montrée plutôt favorable au procédé.

« Mais tout intéressante qu'elle soit, a indiqué le chercheur, cette approche ne saurait être qu'une solution à court terme, valable pour les 10 ou 15 prochaines années. À long terme, il faudra se tourner vers des solutions de recyclage plus avantageuses sur le plan commercial. »

À l'Université Laval, justement, le procédé de pyrolyse sous vide – technique de décomposition du pneu en ses composantes primaires – du chercheur Christian Roy fait actuellement l'objet de recherches qui visent à augmenter son potentiel commercial.

Des travaux récents montrent que l'huile, principal sous-produit de cette décomposition, pourrait être avantageusement utilisée dans la fabrication de caoutchoucs à usage industriel, dans le secteur minier par exemple.

Les premiers échantillons, produits en collaboration avec deux manufacturiers québécois, ont montré une résistance à la déchirure et à la cassure meilleure que celle de deux types de

caoutchoucs équivalents, synthétisés à partir d'huiles commerciales.

« La seule ombre au tableau, indiquait l'un des chercheurs, Siamak Mirmiran, demeure l'odeur du matériau, qui est attribuable à son contenu en produits azotés et sulfurés. Il est toujours possible de les désodoriser, et nous l'avons fait en partie. Le problème, c'est qu'en enlevant complètement les odeurs, on diminue du même coup les propriétés physiques de nos caoutchoucs. »

Des discussions se poursuivent avec différents milieux industriels, en vue d'en arriver à des compromis acceptables en cette matière.

« Adéquatement traitée, cette huile pourrait même retourner dans la fabrication de pneus neufs », estimait M. Mirmiran.

L'huile pyrolytique compte pour 55 % du total de la matière décomposée des vieux pneus. L'équipe du professeur Roy cherche également des moyens de réutiliser le noir de carbone, qui représente 25 % de la matière des pneus. Malheureusement, déplore le chercheur, les subventions sont difficiles à obtenir ces temps-ci...

Luc Dupont

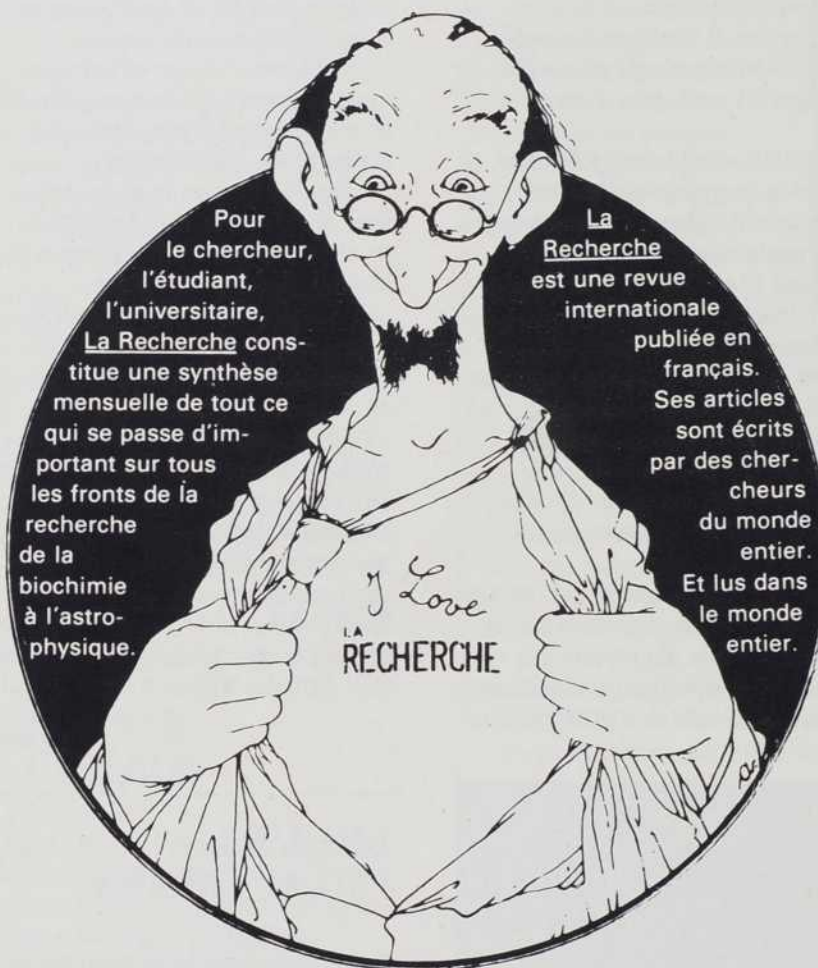


Un des fours à coke du laboratoire fédéral. On vient d'en enlever les portes pour procéder au défournement du coke.

UN LASER FAIT AU CANADA

Un nouveau laser haute performance a été mis au point récemment par deux chercheurs canadiens. Les scientifiques Robin Williams et Ken Dzurko ont en effet inventé un laser à semi-conducteurs, dont le fonctionnement demande moins de courant que tout autre laser semblable connu. Selon M. Williams, ce laser peut être utilisé avec succès et à bon marché dans le domaine des télécommunications. De plus, cette nouvelle technologie permet d'espérer la réalisation prochaine de « lasers visibles », qui pourront être utilisés dans de multiples domaines, tels l'holographie, la télévision et les disques compacts, cela à des coûts moindres que ceux en vigueur actuellement.

La Recherche a des lecteurs dans 83 pays: pourquoi pas vous?



Je désire souscrire un abonnement d'un an (11 numéros) à *La Recherche* au tarif de 49 dollars canadiens au lieu de 65,45 dollars (prix de vente au numéro). Un délai minimum de huit semaines interviendra entre la date de la demande d'abonnement et la réception du premier numéro. L'abonné(e) le sera pour un an, à compter du premier numéro reçu.

nom _____

adresse _____

pays _____

**à retourner accompagné de votre paiement à
DIMEDIA, 539, boul. Lebeau, Ville Saint-Laurent, P.Q. H4N 1S2**

* offre réservée aux particuliers, à l'exception de toute collectivité.

LES NOUVELLES TECHNOLOGIES DE REPRODUCTION

Les femmes ayant recours aux nouvelles technologies de reproduction vivent une importante augmentation du stress psychologique, lors des six premiers mois de traitement. C'est ce qu'indiquent les premiers résultats d'une étude menée au département de psychologie de l'Université de Montréal, auprès de 165 couples suivis par la Clinique de fertilité de l'Hôpital Saint-Luc.

Le stress serait surtout attribuable aux processus médicaux eux-mêmes : « Le protocole de traitement est très lourd au départ, indiquait l'auteur de cette étude, Nili Benazon, au congrès de l'ACFAS. Les femmes doivent se plier à des interventions répétées dans leur appareil génital, accepter de subir des tests à tout moment, se présenter à l'hôpital avant et après avoir fait l'amour, etc. Dans cette situation, le médecin traitant devient pratiquement une tierce personne qui vient s'immiscer dans l'intimité du couple. »

L'étude révèle que ce stress entraîne à son tour des perturbations sur le plan de la satisfaction sexuelle et conjugale en général. Par contre, on note une diminution du stress chez la plupart des femmes dès qu'elles deviennent enceintes. « Cela s'expliquerait, selon Mme Benazon, par le fait qu'à partir de ce moment-là la fréquence des interventions intragénitales diminue de beaucoup. » Cette étude, qui porte en tout sur 400 couples, sera terminée d'ici la fin de l'année.

Luc Dupont

NDLR : Une erreur s'est glissée dans le petit texte « Des millions pour les cerfs d'Anticosti » (p. 8, été 1991). Le PAAR (Programme d'aide à l'aménagement de cerfs de Virginie) a en effet pour objectif d'aider les cerfs qui fréquentent des ravages situés sur des boisés privés, et non pas les cerfs de l'île d'Anticosti, comme il a été écrit. Nos excuses aux organismes et ministères concernés.

UN RÉSEAU DE CHÂTEAUX DE CARTES

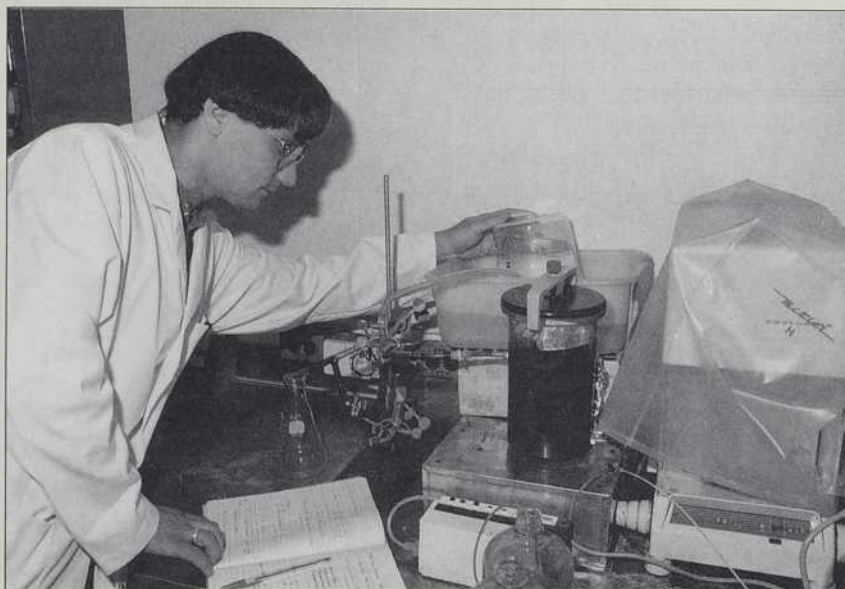
« L'instauration des Centres d'excellence a bénéficié à beaucoup de chercheurs québécois. C'est donc au Québec qu'une abolition de ces réseaux aurait les plus lourdes conséquences. »

Ces propos d'Alain Caillé, vice-recteur à la recherche à l'Université de Sherbrooke, traduisent une crainte généralisée : que la décision politique ayant présidé à la mise sur pied des 14 réseaux de centres d'excellence ne fasse soudain place à la décision, tout aussi politique, de mettre fin à l'expérience. Ce thème a également été abordé par les quatre chercheurs présents à la table ronde sur le thème « Les réseaux d'excellence : premier examen de l'expérience québécoise », lors du congrès de l'ACFAS.

Créés en 1989 par le gouvernement fédéral, les 14 réseaux de centres d'excellence réunissent des scientifiques canadiens de grande renommée autour de thèmes précis : la lutte contre les insectes nuisibles, les bétons à haute performance, les maladies respiratoires, etc. Neuf universités et centres de recherches québécois participent à 12 des 14 réseaux. Le financement de ce programme atteint 240 millions de dollars pour les trois premières années. La particularité du programme est de maintenir les chercheurs dans leur propre institution, contrairement aux centres de recherche traditionnels (INRS ou CNRC), tout en subventionnant une recherche commune à chaque réseau.

« Jusqu'à maintenant, l'impression générale est très positive », soulignait Catherine Armour, responsable des Réseaux au sein du CRSNG (Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada). Bien qu'ayant la vague impression de faire l'objet d'une expérience pilote, les chercheurs se disent eux aussi satisfaits.

UNE DANSE ANAÉROBIQUE POUR L'EAU POLLUÉE



André Lévesque

L'eau qui s'écoule dans les fossés bordant les dépotoirs municipaux du Québec ne ferait même pas l'envie d'un chameau assoiffé au cœur du Sahara... Son rejet dans la nature ne fait pas non plus l'affaire de la faune québécoise ! Même après avoir séjourné dans des bassins de décantation, comme le permet l'aménagement de plusieurs municipalités d'envergure moyenne, l'eau de ruissellement montre un indice élevé de demande chimique en oxygène. Or cette demande, si elle est trop grande, entraîne la pollution du cours d'eau récepteur.

Le chercheur Jean-Claude Frigon (sur la photo), de l'Institut Armand Frappier, a développé un moyen économique de traiter

le « lixiviat », cette eau trouble provenant des dépotoirs. La solution : installer un réservoir rempli de petites roches colonisées par des microorganismes anaérobies (qui vivent sans consommer d'oxygène) pour y filtrer l'eau d'écoulement.

Les premiers tests semblent prometteurs. D'abord, le lixiviat n'est pas toxique pour le cocktail de microorganismes qui doivent en digérer les matières polluantes. De plus, l'eau qui y séjourne 7 jours à une température de 22 °C montre une réduction de 92 % de la demande chimique en oxygène. M. Frigon a maintenant démontré que le système peut fonctionner aux températures habituellement plus froides du Québec.

Louise Desautels

L'étape du démarrage, particulièrement ardue, étant donné la dispersion physique des scientifiques, semble à peu près franchie. « Favoriser la concertation entre des chercheurs qui ont toujours été en compétition pose quelques difficultés, reconnaît Louis Fortier, biologiste à l'Université Laval et membre du

Réseau de mise en valeur des ressources maritimes. Mais les Centres représentent une véritable amplification des moyens jusqu'ici disponibles et nous permettent d'envisager des projets impossibles à réaliser sans une telle mise en réseau. »

Louise Desautels

HUGO : ÉTHIQUE ET GÉNÉTIQUE

« Compagnie d'extraction minière ouvre plusieurs postes de mineurs. Exigences préalables : aucune prédisposition génétique aux maladies pulmonaires. Carte des gènes exigée. »

Une telle offre d'emploi n'a pas encore été publiée... mais cette perspective figure parmi les craintes que soulève un grandiose projet scientifique : la cartographie et le « séquençage » du code génétique humain, HUGO de son sigle anglais (Human Genome Organisation). Les impacts éthiques et sociaux de ce projet de trois milliards de dollars ont été abordés lors d'un colloque tenu le 22 mai, dans le cadre du congrès de l'ACFAS, devant une centaine de personnes.

Mis sur pied en 1988, le projet HUGO mobilise des généticiens des États-Unis, d'Europe et du Japon. Des centaines de chercheurs tentent de repérer la localisation, de définir la composition et de comprendre le fonctionnement de chacun des 100 000 gènes qui apparaissent sur les chromosomes humains, ou ADN (acide désoxyribonucléique). Ces équipes cherchent à déchiffrer l'ensemble du bagage génétique (ou génome) en identifiant l'agencement des quatre éléments de base de l'ADN sur chaque section du chromosome. La tâche est énorme, quand on sait que chacun des chromosomes comporte plus de trois milliards de bases.

Les généticiens canadiens ne participent pas directement à l'avenure HUGO. Plusieurs contribuent cependant à la cartographie du génome par le biais de leurs travaux sur une maladie héréditaire précise.

Dans ce premier secteur de la recherche génétique, des questions éthiques émergent. Si on peut diagnostiquer une maladie héréditaire dans le bagage génétique d'un fœtus, les parents doivent-ils recourir à l'avortement ? Et si la maladie ne se déclare normalement qu'à 40 ans,

comme la myopathie de Duchenne qui entraîne la démence, que faire ? Qui doit décider si le diabète vaut ou non une interruption de grossesse ? Dans le cas où la déficience génétique responsable de la maladie incurable est détectée chez un adolescent, doit-on lui révéler son avenir ? Sinon, qui assume le risque de le voir transmettre la maladie à ses descendants ?

L'identification des gènes détraqués suscite également de grands espoirs, notamment du côté de la thérapie génétique. Un jour, encore lointain, on pourra introduire un gène remis à neuf dans certaines cellules d'un malade. Mais encore là, les questions foisonnent : Qui pourra utiliser la technique permettant de modifier un code génétique, et à quelles fins ? Doit-on permettre de modifier le bagage transmissible ? Qui trace la limite entre une maladie et un handicap mineur, entre anomalie et anormalité ?

Les perspectives qu'ouvre le projet HUGO soulèvent bien d'autres questions encore. Non seulement les gènes en cause dans une maladie héréditaire seront-ils identifiés, mais le seront également ceux qui commandent la pigmentation de la peau et le potentiel des muscles ou qui prédisposent au développement de maladies « multifactorielles », comme les faiblesses cardiaques, certains types de cancer ou divers troubles neuropsychiatriques. De quoi ouvrir la porte aux parents désireux d'engendrer des rejetons « à la carte »...

La cartographie des gènes donne également de nouveaux outils à la médecine. « À mesure que les recherches vont progresser, les équipes vont pouvoir fournir aux laboratoires médicaux des trousse diagnostiques qui leur permettront de repérer les anomalies génétiques », avance le généticien français Laurent Degos. Grâce à ces trousse, la médecine deviendra prédictive, estime M. Degos. Les médecins pourront orienter leurs efforts de prévention vers les personnes dont le code génétique montre certaines prédispositions caractéristiques.

« Voilà une approche qui ne tient pas compte de la personne dans tous ses aspects, signalait pour sa part la sociologue Louise Vandellac. Remettre à l'individu la responsabilité de sa santé et des comportements qui la garantissent est injuste parce que cette personne n'a pas le contrôle total de ses agissements. On oublie la pauvreté, le racisme, le sexisme, l'influence de l'environnement. »

Les États-Unis viennent d'annoncer qu'ils consacreront 3 % du budget de recherche sur le génome humain à l'analyse de ses aspects éthiques ; la communauté européenne, 7 %. Là-bas comme en Amérique, les colloques de réflexion et de sensibilisation des scientifiques se multiplient, afin de poser d'abord les jalons d'une autodiscipline. D'aucuns envisagent pour l'avenir l'adoption de lois qui fixeraient les limites des applications de la recherche et garantiraient la confidentialité des informations génétiques.

Louise Desautels

SOYEZ OPTIMISTE... MAIS PAS TROP !

Êtes-vous d'un optimisme irréaliste ou bien d'un pessimisme excessif ? Selon le chercheur Luc Lamarche, du département de psychologie de l'Université de Montréal, l'un ou l'autre de ces deux états d'âme pourrait avoir des conséquences néfastes sur votre santé. Se basant sur de récentes études américaines, le psychologue affirme en effet que lorsque apparaissent des symptômes, les optimistes irréalistes ne vont pas consulter leur médecin, parce qu'ils se sentent invulnérables. D'un autre côté, les pessimistes excessifs utiliseront exagérément les services de santé et abuseront de médicaments. Dans les deux cas, il peut s'ensuivre une dégradation de la santé. D'après les études, une attitude modérément optimiste serait suffisante pour conserver une bonne santé et augmenter ses chances de guérison lors de maladies.

DES DIABLES D'INGÉNIEURS !

Un diable muni d'un levier et d'un frein, qui limite les risques de blessure au dos tout en facilitant la manipulation des marchandises, a valu à ses concepteurs, les étudiants Jérôme Colin, Nicholas Gagnon et René Faucher, de l'Université du Québec à Chicoutimi, le premier prix de la catégorie « Design innovateur », lors de la 7^e Compétition canadienne d'ingénierie, tenue fin mars à l'Université de Sherbrooke. De leur côté, Stéphane Fortin et Yvon Drolet, de l'Université Laval, ont remporté le premier prix de la catégorie « Solutions aux problèmes industriels », ainsi que le prix de l'excellence technique, pour leur système de reconnaissance à distance des polluants chimiques de l'atmosphère. Une cinquantaine d'étudiants de 16 facultés de génie canadiennes ont participé à la compétition, qui l'an prochain sera tenue à l'Université Queen's, à Kingston.

DES PROFESSEURS CYNIQUES ?

« La Commission perçoit un profond cynisme au sein du corps professoral au sujet de l'importance réelle accordée à l'enseignement. » Écrite en caractères gras, dans un Document de réflexion du président de la Commission d'enquête sur l'enseignement universitaire au Canada, Stuart Smith, cette petite phrase annonce que le rapport final de la Commission, prévu pour cet automne, soulèvera beaucoup de controverse. Les commissaires ont tenu, l'automne dernier, dix audiences publiques à la grandeur du Canada, entendu 200 exposés, reçu 250 mémoires écrits et commandé sept études spécifiques. Une doléance maintes fois entendue : les universités manquent d'argent.

HARO SUR LE BIODÔME !

Après plusieurs mois d'incertitude, qui ont donné des sueurs froides à son infatigable promoteur Pierre Bourque, le Biodôme de Montréal a finalement été sauvé, à la mi-juin. La cause de cette bataille qui a opposé la Ville de Montréal et le gouvernement du Québec : un dépassement des coûts de 6 millions de dollars, sur les 40 prévus pour transformer l'ancien Vélodrome olympique en un unique et complexe musée du vivant. Finalement, la poire a été coupée en deux, et le Biodôme – le cadeau de Québec pour le 350^e anniversaire de Montréal – devrait ouvrir ses portes en juin 1992, comme prévu.

LES 7 PILIERS DE LA SAGESSE

À l'occasion de son congrès annuel, l'ACFAS a décerné ses sept Prix de la recherche. Les lauréats sont : Andrée Lajoie, du Centre de recherche en droit public



de l'Université de Montréal (sciences humaines) ; Matthew Lenning, de l'INRS-Télécommunications (innovation technologique) ; Jean-Charles Chébat, de l'Université du Québec à Montréal (interdisciplinarité) ; Jacques Leblanc, de l'Université Laval (sciences biologiques) ; Marcel G. Dagenais, de l'Université de Montréal (sciences sociales) ; Mohammed I. El-Sabh, de l'Université du Québec à Rimouski (sciences de l'environnement) ; Guy Perreault, de l'École Polytechnique de Montréal (sciences physiques, mathématiques et génie). Trois étudiants-chercheurs ont d'autre part reçu les Prix d'excellence Desjardins. Il s'agit d'Édith Labbé, de Jean Proulx et d'Yvan Chouinard, des universités Laval, de Sherbrooke et de Montréal, respectivement.

CHIMISTES DEMANDÉS

La demande croissante de chimistes, combinée avec une baisse des inscriptions dans les facultés de chimie et de génie chimique, va créer sous peu une pénurie dans ce secteur, indique un rapport de l'Institut de chimie du Canada déposé en juin. Selon l'ICM, le développement économique « ainsi que les besoins de la société pour un environnement plus propre et des milieux de travail plus sains » nécessitent plus d'ingénieurs chimistes, de techniciens et de chimistes. Pour remédier à la situation, l'Institut insiste entre autres sur la nécessité de sensibiliser les jeunes aux carrières dans ce domaine.

QUÉBEC APPUIE QUÉBEC SCIENCE

Huit revues de culture scientifique, dont *Québec Science*, ont reçu cette année une aide financière totale de 237 649 \$ dans le cadre de « Science à lire », un programme du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science. L'objectif de ce programme est principalement de soutenir le développement (amélioration du contenu et du contenant, augmentation et diversification des clientèles, etc.) des revues existantes. Sur les 17 demandes reçues en 1991, le jury de Science à lire a accordé des subventions variant de 50 000 à 10 000 \$ aux revues suivantes (par ordre décroissant) : *Je me petit-débrouille*, *Québec Science*, *Franc Vert*, *Interface*, *Le Québec astronomique*, *Québec Oiseaux*, *Forêt Conservation* et *Médium*.

ÇA BOUGE À L'ACFAS

L'Association canadienne-française pour l'avancement des sciences (ACFAS), qui vient de terminer son 59^e congrès à l'Université de Sherbrooke, a confié sa direction générale à Françoise Braun. Anthropologue de formation, enseignante et chercheuse, Françoise Braun était depuis cinq ans adjointe au directeur général de l'ACFAS.

LES ETHNIES À LA LOUPE

Une chaire d'études et de recherches ethniques vient d'être créée par l'Université de Montréal. Celle-ci investira un demi-million de dollars, et le ministère d'État au Multiculturalisme et à la Citoyenneté contribuera pour 400 000 \$, afin de créer un fonds dont les revenus serviront aux activités d'enseignement et de recherche de la nouvelle chaire. Celle-ci est une initiative de deux facultés (sciences de l'éducation et arts et sciences), où plusieurs chercheurs sont déjà engagés dans des études sur le caractère pluriethnique de la société québécoise, comme l'insertion socio-économique des immigrants et de leurs descendants, les aspirations scolaires des jeunes, les langues patrimoniales, etc. L'Université de Montréal a également annoncé la création d'un certificat d'intervention en milieu multiethnique à la faculté de l'éducation permanente. Ce programme d'études, qui débute en septembre, est destiné surtout aux professionnels des affaires sociales, de la santé, de l'éducation et de la justice.

MÂLE OU FEMELLE...

QU'EST-CE QUI NOUS REND SEXX / XY ?

par Pierre SORMANY

Il a fallu plusieurs centaines de millions d'années d'évolution avant que la différenciation entre deux sexes n'apparaisse dans les espèces vivantes. On comprend encore mal son utilité. Mais la découverte récente du gène qui déclenche le processus de formation du mâle dans l'espèce humaine pourrait bien nous permettre de remonter la filière évolutive. Malgré l'apparente diversité de la nature, en effet, ce sont souvent les mêmes gènes que l'on retrouve d'une espèce à l'autre.

Si les Nord-Américains pouvaient décider, ils choisiraient sans doute d'engendrer autant de garçons que de filles. Les sondages le laissent croire, du moins. Mais il n'en va pas ainsi dans toutes les cultures, au point où beaucoup de sociologues s'inquiètent des effets du dépistage du sexe *in utero* et des possibilités actuelles d'avortement à demande sur l'équilibre des sexes dans les populations humaines.

Encore heureux que nous ne soyons pas des... alligators ! Pour cette espèce, en effet, la recette est d'une simplicité inouïe : à la fécondation, les œufs n'ont pas de sexe déterminé ; c'est la température qui décidera de l'évolution de l'embryon. En clair, il suffit de chauffer l'œuf à plus de 33 degrés, au bon moment de sa maturation, pour obtenir un mâle à tout coup. En bas de 30 degrés, c'est une femelle.

Pour certaines espèces de crevettes, le sexe n'est pas déterminé à la naissance... C'est la durée du jour, à la période de l'adolescence, qui déterminera le sexe de l'adulte. Certains poissons tropicaux et certains amphibiens ont adopté une stratégie plus souple encore : chaque individu a le potentiel de changer de sexe à tout moment, selon les besoins de la population dont il fait partie !

Puis il y a les gastéropodes, les vers, sans oublier la très grande majorité des végétaux, qui sont hermaphrodites. Chaque individu y est porteur des organes de l'un et l'autre sexe. Une solution radicale à la discrimination sexuelle !

À QUOI SERT LE SEXE ?

En termes évolutifs, la division des espèces en deux sexes distincts est une innovation relativement récente. Pendant plusieurs centaines de millions d'années, les êtres unicellulaires ont évolué sur la planète sans avoir recours à ce stratagème. Algues bleues, bactéries et levures, par exemple, se reproduisent par simple division cellulaire. La diversité génétique, essentielle pour que l'espèce puisse s'adapter lorsque son environnement se transforme, est assurée par un taux constant de mutations, des erreurs de copie qui font apparaître sans cesse des individus inédits.

À première vue, ce mécanisme d'innovation peut paraître un peu aléatoire. Il n'est pas le seul recours de ces premiers habitants de la planète. Très tôt, en effet, les unicellulaires ont appris à échanger des fragments de leur matériel génétique (la longue chaîne moléculaire qui contient les recettes codées de toutes les protéines), soit directement, soit par l'intermédiaire de « transporteurs », comme les plasmides ou les virus. C'est déjà l'apparition de la sexualité.

Une sexualité primitive, d'autant plus simple que, dans ces espèces, le matériel génétique flotte librement dans le cytoplasme, le « corps » de la cellule. Avec l'avènement des protozoaires, ce « livre de recettes » (que les biologistes ont baptisé ADN) se voit emprisonné dans un noyau et devient dès lors moins facilement accessible. Puis, avec l'apparition

ves
am
res
ne.
ro-
ue,
vi-
de
sse
tre
ers
ent
que
des
ek-
us.
ams
le
des
ont
ent
ion



des premières colonies pluricellulaires, les rencontres fortuites d'ADN étrangers deviennent de plus en plus rares à l'intérieur de chaque ensemble.

Bref, les « améliorations » à la biologie du vivant auraient bien pu rendre difficile toute adaptation ultérieure et représenter un cul-de-sac évolutif, si les premiers organismes n'avaient développé en même temps un moyen de renouveler sans cesse, d'une génération à l'autre, leur matériel génétique.

C'est du moins là l'explication donnée par les biologistes, lorsqu'on les interroge sur l'utilité de la reproduction sexuée. Mais pourquoi deux sexes, au lieu de l'hermaphrodisme déjà dit des végétaux, tellement plus pratique à première vue ? Là, aucune réponse encore. Le hasard peut-être ? Mais, surtout, la logique même de l'évolution : dès qu'une lignée met au point un mécanisme de séparation en deux sexes, il lui est à peu près impossible de revenir en arrière !

L'ÉQUILIBRE ENTRE LES SEXES

À l'origine, donc : l'hermaphrodisme. Tous les individus d'une espèce possèdent, dans leurs chromosomes, les fragments d'ADN qui comportent les codes des organes mâles et des organes femelles. Et ces gènes s'expriment en parallèle, dans chaque organisme. C'est la recette des fleurs : un pistil femelle au centre, entouré d'étamines mâles. On retrouve aussi cette double sexualité chez certains animaux, tels les escargots et les vers.

Pourtant, cette solution de souplesse demeure exceptionnelle dans le règne animal. Même chez les bactéries et les levures, où la sexualité ne semble jouer, on l'a vu, qu'un rôle secondaire, il existe des « donneurs » et des « receveurs » d'ADN. Déjà une forme de séparation génétique. Or dès qu'une espèce se subdivise ainsi en deux sexes distincts, les mécanismes normaux de l'évolution vont faire en sorte qu'un équilibre s'établisse entre le nombre d'individus de chaque sexe, du moins pour ce qui est des individus fertiles.

En effet, si une population donnée produit beaucoup plus de femelles que

de mâles, chaque mâle pourra féconder plusieurs femelles et obtiendra donc une descendance extrêmement diversifiée. Les femelles, au contraire, réduites à choisir entre un petit nombre de mâles, auront en moyenne moins d'accouplements ou une descendance moins diversifiée... À long terme, moins de « succès évolutif ».

Si, dans une telle population à dominance femelle, apparaît un géniteur dont les gènes favorisent la production de mâles, sa descendance aura – en moyenne toujours – beaucoup plus de succès. À long terme, on se retrouvera donc avec une population majoritairement mâle. Mais, dès lors, la dynamique s'inverse. Les mâles, trop nombreux, n'arrivent plus à s'accoupler, alors que les femelles connaissent, au contraire, un énorme succès. La sélection naturelle favorise désormais les lignées à dominance femelle.

Ce jeu du balancier des déséquilibres successifs devrait, en principe, se stabiliser lorsque apparaît un mécanisme de régulation fiable, assurant un nombre à peu près égal de mâles et de femelles. Mais l'évolution biologique ne se déroule jamais de manière aussi bien planifiée que dans ce modèle simpliste. La nature procède plutôt par une série d'essais et d'erreurs, où le hasard joue un grand rôle. On ne s'étonnera guère alors de constater qu'avant d'arriver à la détermination sexuelle tranchée et définitive qui existe chez les mammifères, incluant l'être humain, les espèces aient expérimenté bien des solutions moins radicales.

LA GESTION ENVIRONNEMENTALE

Chez les premières espèces sexuées pourtant, l'ADN est encore ambivalent. Ces animaux confient à l'environnement le choix de leur sexe définitif. Le plus souvent, cela dépend de caractéristiques comme la température ambiante ou la durée d'ensoleillement,



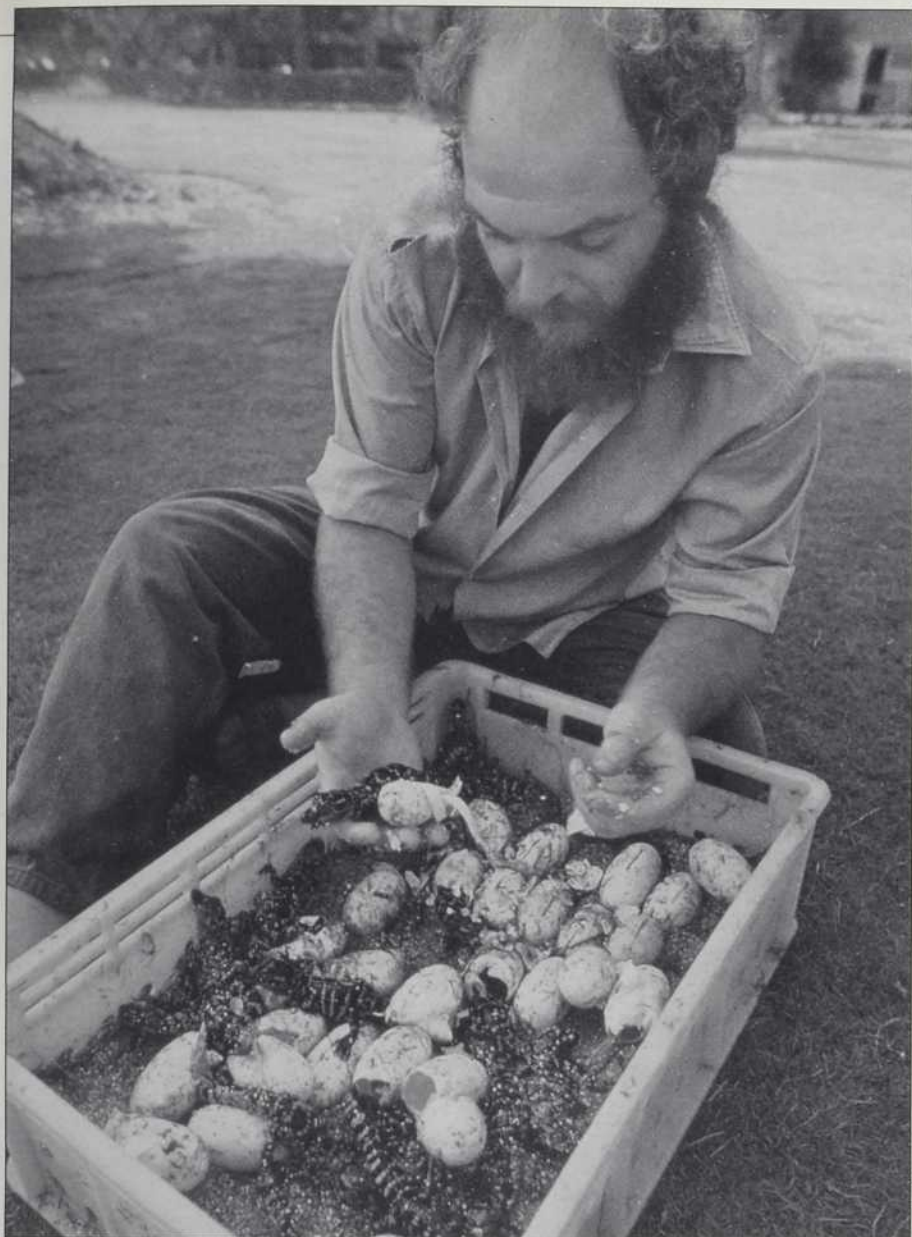
Eve-Lucie Bourque

Parmi les stratégies utilisées par la nature pour maintenir l'équilibre entre les sexes, on retrouve, entre autres, l'hermaphrodisme chez les plantes ou une gestion laissée à l'environnement comme chez les crocodiles, où la température des oeufs détermine le sexe.

mais cela peut aussi être la quantité de nourriture disponible ou le nombre de mâles et de femelles au sein de la population.

Premier exemple, celui des alligators. Chez eux, tous les embryons sont, au départ, génétiquement identiques. Dans la nature, pourtant, les œufs placés dans des nids situés proches des rives, à l'ombre de broussailles, vont tous donner naissance à des femelles, alors qu'on ne retrouvera que des mâles au sommet d'une butte exposée au soleil. Entre les deux, le sexe des bébés alligators dépendra de la profondeur d'enfouissement de chaque œuf.

En laboratoire, on a pu démontrer que le facteur clé, c'est la température de l'œuf à un moment précis du développement embryonnaire. Avec un constat, toutefois : comme la température critique est plutôt élevée (33 °C),



Azoulay / Sygma

il naît en moyenne jusqu'à huit fois plus de femelles que de mâles alligators. En outre, à cause des variations climatiques, d'une année à l'autre, certaines sous-populations vont ne donner qu'un des deux sexes, pour des périodes plus ou moins longues. Voilà donc un mécanisme de gestion plutôt inefficace !

Mark Ferguson, biologiste de l'Université de Manchester, en Grande-Bretagne, et spécialiste des alligators, propose deux explications : « Les alligators sont apparus très tôt dans l'évolution. C'était peut-être à une époque où la température ambiante était plus chaude en moyenne. Au départ, il y aurait eu un équilibre entre les sexes, mais, depuis, les alligators n'auraient pas évolué. Ils seraient demeurés prisonniers de ce mécanisme primitif,

en somme. Mais il y a une seconde explication possible : les œufs exposés à une température plus élevée se développent plus rapidement et donnent naissance à des reptiles plus gros. À l'âge adulte, ces mâles plus forts vont s'assurer l'exclusivité de nombreuses femelles. Ainsi, les mâles plus petits, produits à des températures intermédiaires, ont peut-être été progressivement éliminés au cours de l'évolution. »

Le problème, avec cette seconde hypothèse, c'est qu'elle n'explique pas pourquoi chez les crocodiles, où on retrouve le même déséquilibre au niveau des naissances, l'espèce ne produit que des femelles à basse température et à haute température (le ratio entre les sexes s'équilibre entre 31 et 33 degrés uniquement). Et pourquoi,

chez certaines tortues, le gradient thermique produit l'effet contraire et les œufs les plus chauds donnent des femelles.

AMPHIBIENS ET CREVETTES

À première vue, les reptiles semblent donc prisonniers d'un mécanisme de détermination du sexe incapable de s'adapter aux changements dans l'environnement. Chez les amphibiens, par contre, ces mécanismes sont à la fois plus souples et plus diversifiés. Chez les rainettes, par exemple, il existe des espèces où les individus mâles et femelles, comme pour la majorité des oiseaux et des mammifères, portent des chromosomes différents. Mais d'autres espèces ne possèdent pas cette différenciation originelle : après la métamorphose, tous les jeunes adultes ont des ovaires. Certaines de ces femelles vont alors évoluer lentement : après une phase d'ambiguïté sexuelle, un équilibre s'établira au sein de la population, quelques semaines, voire quelques mois après la métamorphose. On connaît encore mal le mécanisme qui contrôle cette évolution, mais la concurrence sexuelle au sein de la population semble un facteur important. C'est une façon idéale d'assurer un équilibre entre les sexes !

Les travaux de Claude Pieau, de l'Institut Jacques Monod de Paris, et de Christian Dournon, de l'Université de Nancy, ont toutefois, démontré que le développement sexuel de nombreux amphibiens dépend aussi de la température. Chez les salamandres, par exemple, où le sexe est fixé en principe dans les chromosomes, les embryons mâles deviennent des femelles lorsque les œufs sont incubés à haute température (plus de 30 °C), alors que les femelles génétiques deviennent des mâles ! On se retrouve donc en pleine transition, alors que la température, la concurrence sexuelle et le sexe chromosomique interagissent, selon un équilibre dont on comprend encore mal la gestion précise.

En Grande-Bretagne, à l'Université de Leeds, Jonathan Adams a trouvé chez les crevettes un mécanisme plus fascinant encore. Dans les eaux froides

de la mer d'Irlande, l'espèce ne produit que des mâles en début d'été, puis de plus en plus de femelles à mesure que la saison avance. À l'automne : rien que des femelles. En laboratoire, le chercheur a pu démontrer que les crevettes sont parfaitement indifférenciées pendant leur enfance. C'est la durée de l'éclairage diurne au moment de la maturation sexuelle (« l'adolescence ») qui déterminera finalement le sexe définitif. Selon le chercheur britannique, le mode d'accouplement particulier de ces crustacés rend cette stratégie avantageuse. « À l'accouplement, chaque mâle agrippe une femelle qu'il transporte sous lui, jusqu'à ce qu'elle soit prête à recevoir son sperme. Pour que ce transport soit possible, les mâles doivent être plus gros que les femelles. Comme la saison de fraie est courte, les mâles nés trop tard ne seraient pas assez gros et ne trouveraient pas de partenaires. Il y a donc avantage à ce que, plus la saison avance, plus les jeunes crevettes « optent » pour le sexe femelle. Ce mécanisme permet un ajustement de chaque individu au sexe qui lui assurera le plus grand succès reproductif. »

Mais la surprise, c'est que, lorsqu'on transplante ces crustacés sur les plages du sud de l'Angleterre, arrosées par les eaux chaudes du gulf Stream, ils produisent autant de mâles que de femelles à longueur d'année. « En eau chaude, explique Jonathan Adams, il n'y a pas de saison précise pour la fécondation. Il y a donc toujours de gros mâles et de petites femelles disponibles. Le mécanisme de gestion environnementale du sexe disparaît alors, au profit d'une détermination purement génétique ! »

LA PISTE DU GÈNE

« Depuis quelques années, on a pu étudier un grand nombre de tels mécanismes, souligne Claude Pieau, de l'Institut Jacques Monod. On commence à connaître les équilibres hormonaux qui sont en jeu. Mais on ne pourra comprendre comment s'effectue au départ le contrôle de l'expression génétique tant qu'on ignorera quels gènes sont impliqués dans la détermination du sexe. »

Une tâche qui n'est pas simple. « Dans bien des espèces qui n'ont pas de chromosome sexuel, on ne sait même pas où chercher », rappelle Jonathan Adams.

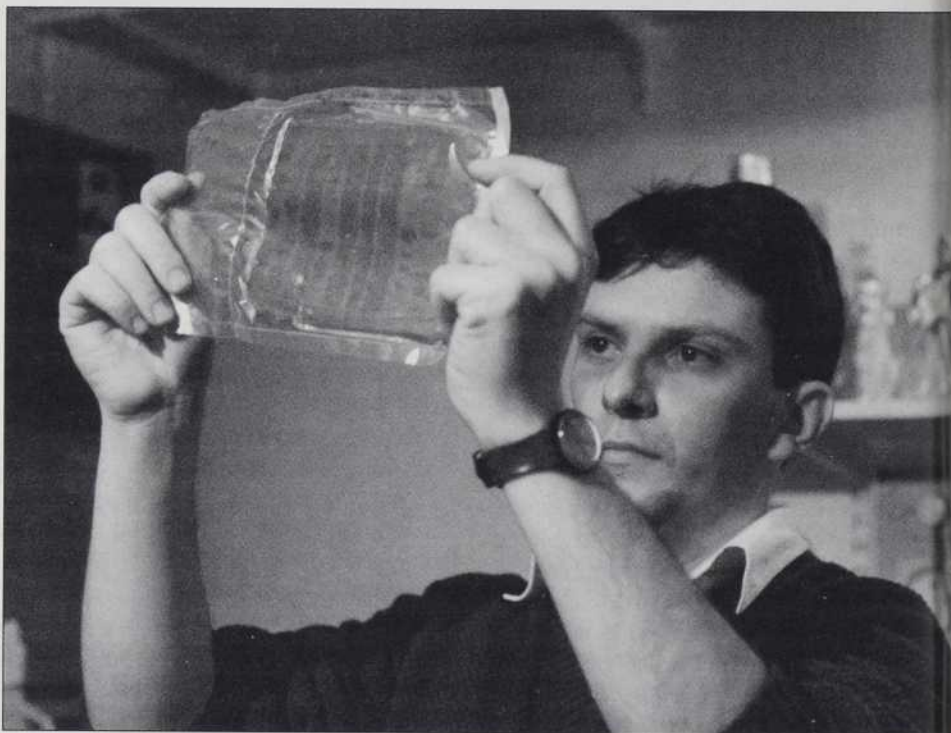
Heureusement, pour les espèces dites « supérieures », le domaine à explorer est plus restreint. Chez les mammifères, par exemple, tous les ovules portent un chromosome sexuel de type X. Les spermatozoïdes portent soit un chromosome X, eux aussi, soit un chromosome de type Y, beaucoup plus petit. À la fécondation, on obtiendra donc, une fois sur deux, un couple XX, l'autre fois un couple XY. Les embryons du premier type donnent des femelles ; les seconds des mâles. Une mécanique parfaitement aléatoire, un ratio équilibré à tout coup !

La recherche d'un éventuel « gène du sexe » chez l'être humain devient alors plus facile : au moins, on sait où le chercher. Et, même pour les biologistes qui s'intéressent aux autres espèces, l'intérêt est énorme. Après tout, les structures moléculaires qu'on découvrira, en étudiant la régulation de l'expression sexuelle humaine, ne seront sans doute pas très éloignées des structures jouant le même rôle

pour les animaux apparus antérieurement dans l'évolution.

Mais attention ! Peut-on vraiment parler de « gène du sexe », comme si un seul fragment de chromosome suffisait à faire de nous un homme ou une femme ? Bien sûr que non ! La production de testostérone (la principale hormone mâle), dès le stade embryonnaire, est contrôlée par un ou plusieurs gènes. De même, un autre gène dirige la production d'aromatase, une enzyme qui transformera cette testostérone en estrogènes (hormones femelles). Or, l'action de ces hormones dans l'organisme dépend aussi du développement de protéines réceptrices à la surface des cellules. Ces protéines sont elles aussi produites sous le contrôle des gènes. On comprend donc que le développement de l'embryon soit le produit d'un équilibre complexe entre l'expression de plusieurs gènes.

D'ailleurs, chez certaines espèces animales, la détermination chromosomique du sexe dépend d'un « effet de dose ». Chez la drosophile – un insecte appelé aussi mouche à vinaigre –, s'il y a plus de chromosomes sexuels de type



Pierre Sormany

Philippe Berta, du CNRS à Montpellier : « Quand nous avons envoyé notre deuxième article à la revue britannique Nature, même le directeur du laboratoire n'était pas convaincu que nous détenions le bon gène. »

COMMENT ON ISOLE UN GÈNE

Gâce à des enzymes capables de couper l'ADN en fragments bien définis, et en faisant diffuser sur un substrat conducteur les fragments ainsi produits, les chercheurs peuvent isoler divers morceaux d'ADN présents dans

séquences répétitives qu'il contient (celles qui, génétiquement, n'ont aucune importance), ainsi que les successions de bases provoquant un arrêt de lecture du code génétique (les « signaux d'arrêt »). S'il reste, au cœur de la séquence



Y. Forester / Sigma

Les fragments d'ADN ne livrent pas facilement leurs secrets ; une longue série de manipulations sera nécessaire pour éventuellement isoler un gène.

un chromosome. En comparant les deux chromosomes X d'un homme XX, par exemple, on pourra ainsi trouver un morceau qui n'est présent que sur l'un d'entre eux. Ce fragment « anormal » est susceptible de contenir le gène déclencheur recherché.

Résumée ainsi, en une seule phrase, la technique peut paraître simple. Elle suppose en fait une longue série de manipulations : fragmentation du matériel génétique, multiplication de chaque fragment par un procédé biochimique, utilisation de sondes radioactives capables de se greffer à ces fragments, diffusion sur une plaque et photographie des « bandes radioactives » ainsi produites, identification du poids de chaque bande suspecte pour retracer la sonde radioactive par laquelle elle a été produite. Retour aux fragments d'ADN ainsi identifiés. Nouvelle segmentation plus fine encore, nouvelle utilisation de sondes radioactives, nouvelle photographie, etc. jusqu'à ce qu'on définisse ainsi un segment d'ADN assez court pour être « séquencé » en laboratoire.

Une fois séquencé, le fragment est analysé, pour tenter de retracer toutes les

retenue, des bouts d'ADN significatifs suffisamment longs sans signal d'arrêt (quelques centaines de bases, par exemple), on a de bonnes chances de détenir un gène.

On compare alors la succession de bases de ce « gène potentiel » à d'autres gènes connus, pour voir quel type de structure on a ainsi isolé. Si l'on ne trouve rien, on peut transcrire le code de ce fragment d'ADN en succession d'acides aminés, pour voir si les protéines produites par un tel code correspondraient à des protéines connues.

Dans leur recherche du gène déterminant du sexe mâle, les chercheurs de l'équipe britannique de Peter Goodfellow ont aussi vérifié, dans les chromosomes Y de nombreux mammifères, si ce même fragment était toujours présent. Le fait que le fragment trouvé soit ainsi conservé au fil de l'évolution ajoute à la conviction qu'il s'agit bel et bien d'un gène. Mais, en pratique, cela signifie qu'il faut reprendre, pour chaque mammifère étudié, l'ensemble des opérations décrites ci-dessus. Un travail de bénédictin, en somme !

X que de chromosomes de type Y, on a une femelle. Sinon, c'est un mâle.

Chez l'être humain, les femmes portent deux chromosomes sexuels X. Les hommes, un X et un Y, beaucoup plus petit. On aurait pu penser, au départ, à un effet de dose analogue à celui de la drosophile. Toutefois, les travaux du chercheur français Alfred Jost en embryologie ont montré, dans les années 50, que le tout premier événement de différenciation sexuelle chez l'humain survenait un peu plus de six semaines après la fécondation. Jusque-là, l'embryon possède des tissus gonadiques non encore différenciés et deux ensembles de canaux, de Wolff et de Muller, origines respectives des canaux séminaux chez l'homme et des trompes de Fallope chez la femme. Un embryon bipotentiel en somme.

À six semaines et demie, donc, les tissus gonadiques chez le mâle se transforment en cellules de Sertoli, lesquelles commencent dès lors à produire l'hormone anti-mullerienne. Celle-ci provoque la disparition des canaux de Muller et bloque l'action de l'aromatase : la production d'œstrogènes cesse rapidement. Le niveau de testostérone augmente. Les structures génitales mâles se développent.

C'est parce qu'on a démontré qu'il s'agissait bien d'un événement ponctuel, à un endroit donné et à un moment précis, que les biologistes ont soupçonné l'entrée en action soudaine d'un seul gène. Et, parce qu'on a démontré que cet événement initial était lié à la présence du chromosome Y (et non pas au nombre de X), ils ont cherché ce gène initiateur du côté du chromosome mâle.

LE CANDIDAT DE BOSTON

Si petit soit-il, le chromosome Y demeure, sur le plan moléculaire, une structure immense. Plusieurs centaines de gènes peuvent s'y retrouver, répartis de manière aléatoire le long d'une chaîne comportant plusieurs millions de « bases », ces constituants élémentaires qui sont les « lettres » du code génétique, l'alphabet de la vie.

Une piste s'offrait cependant : une fois à toutes les 20 000 naissances

environ, des êtres humains viennent au monde avec... le mauvais sexe. Des embryons de type XX vont par exemple développer des organes génitaux mâles. L'hypothèse, c'est qu'en de tels cas un fragment du chromosome Y paternel se serait greffé par erreur au second chromosome X, au moment de la division cellulaire qui précède la formation des spermatozoïdes. Si ce segment contient le gène déclencheur recherché, l'embryon aura des organes sexuels mâles.

En 1987, David Page, un chercheur du Massachusetts Institute of Technology de Boston, annonce l'identification d'un gène qui serait, estime-t-il, un excellent candidat pour jouer ce rôle de gène déclencheur de la formation testiculaire chez l'homme (*Testis Determining Factor* ou TDF). Il l'avait isolé en étudiant un fragment anormal sur un des chromosomes X d'un homme XX et en découvrant un morceau manquant, au même endroit, sur le chromosome Y d'une femme XY (pour avoir une idée de la méthodologie d'une telle recherche, voir l'encadré). Vérification faite, David Page avait retrouvé ce même fragment d'ADN chez les mâles de tous les mammifères où il l'avait cherché !

Mais, plus convainquant encore : en analysant la séquence précise de ce fragment d'ADN, il avait découvert qu'elle correspondait à une structure typique de nombreux « facteurs de transcription », c'est-à-dire des gènes dont on sait qu'ils jouent le rôle de « bouton de contrôle » de l'expression d'autres gènes. C'était en somme la structure idéale pour un gène déclencheur.

Le seul problème, c'est qu'il a ensuite trouvé une structure très voisine... sur le chromosome X ! Mais qu'importe ? Voisine n'est pas identique, la variante « X » du gène était peut-être inactive.

LA RIPOSTE DE LONDRES

Pendant deux ans, la majorité des généticiens ont cru détenir enfin la clé de la détermination du sexe mâle chez l'humain. Pourtant, dès 1988, un jeune chercheur australien, Andrew Sinclair,

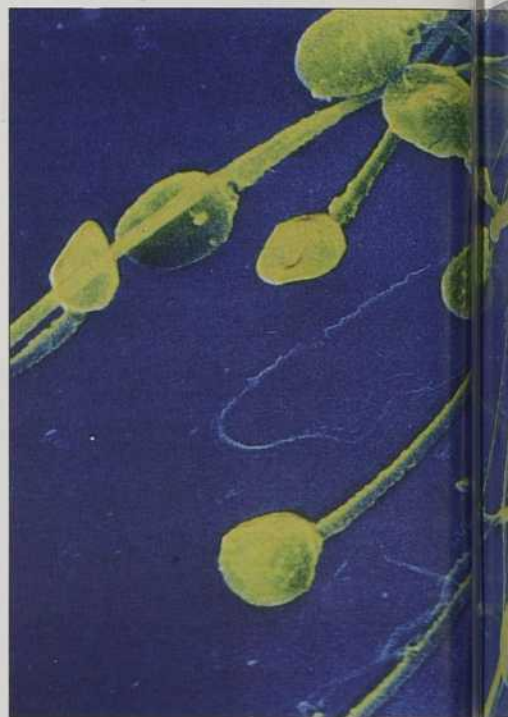
spécialiste des kangourous (comme tout bon Australien), avait émis un premier doute. Les marsupiaux possédaient bien le gène de Page... mais il n'était pas situé sur le chromosome mâle Y !

Certes, une seule exception ne suffisait pas à discréditer le candidat de Boston, chez l'être humain du moins. Après tout, les marsupiaux sont des mammifères bien particuliers, dont la branche évolutive s'est séparée très tôt des autres lignées. Et les recherches de ce gène de Page dans les autres classes animales (amphibiens, reptiles, oiseaux) montraient aussi qu'il ne s'y trouvait pas sur le chromosome sexuel mâle. Peut-être s'agissait-il d'un gène jouant ailleurs un autre rôle, que les mammifères auraient en quelque sorte « kidnappé », après la séparation évolutive des marsupiaux, pour en faire le déclencheur du sexe mâle.

En 1988, Andrew Sinclair s'installe à Londres, dans le laboratoire de Peter Goodfellow, à l'Institut impérial de recherche sur le cancer. Il y rejoint deux autres jeunes chercheurs récemment arrivés, Mark S. Palmer, un Anglais, et Philippe Berta, du CNRS à Montpellier. Ces trois jeunes partagent une conviction commune : le gène de David Page n'est pas le « bon » gène !

Palmer et Berta viennent en effet d'étudier la structure du gène analogue que l'Américain avait reconnu avoir trouvé sur le chromosome X. Leur verdict : 96 % de correspondance, dans la partie active. C'est beaucoup, estiment-ils. Mais surtout, ils viennent d'apprendre qu'un autre chercheur anglais, Robin Lovell-Badge, de l'Institut national de recherches médicales, a étudié l'expression du gène de Boston dans les embryons de souris. Or ce gène s'y exprime trop tard, quelques jours après la différenciation des cellules de Sertoli.

À trois, ils vont donc reprendre les travaux de Page, avec d'autres hommes XX. En décembre 1989, ils annoncent avoir retracé au moins quatre cas de tels hommes XX qui n'ont pas sur leurs chromosomes le gène de Boston. Une étude précise de leurs chromosomes permet de délimiter une zone de 58 000 bases à

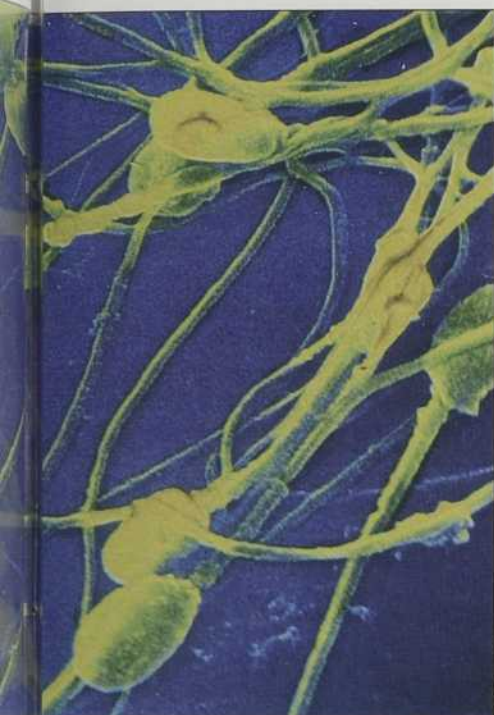


La différenciation sexuelle étant un événement ponctuel, lié à la présence du chromosome Y, les biologistes ont donc cherché le gène déclencheur du côté du chromosome mâle.

l'intérieur de laquelle il faut désormais chercher. C'est du moins ce qu'ils publient dans la revue britannique *Nature* ; en réalité, ils ont déjà identifié une marge beaucoup plus restreinte. Mais ils n'allaient tout de même pas livrer tous leurs secrets à la concurrence !

Pour Philippe Berta, c'est une année excitante qui va suivre : « C'est évident que, dès que les travaux de Lovell-Badge sur les souris ont été connus et dès qu'on a publié notre preuve que le gène de Page n'était pas le bon, de nombreux laboratoires ont repris la course. Nous avions une longueur d'avance, mais nous étions pressés de publier. »

Leur travail ressemble alors à celui que David Page avait fait, deux ans plus tôt. Identification, dans le bout de chromosome suspect, d'un fragment que l'on retrouve chez les autres mammifères. Vérification, cette fois, que ce fragment ne se retrouve pas sur le chromosome X. Puis recherche d'une structure intéressante, à l'intérieur de la longue séquence ainsi isolée. Cette partie sera éprouvante : contrairement au gène isolé deux ans plus tôt à



CNRI / Publiphoto

Boston, le fragment d'ADN britannique (long de 660 bases) ne correspond à rien de connu.

Il faudra une minutieuse recherche dans de nombreuses banques de données, pour finalement identifier, à l'intérieur de ce gène, un bout de 240 bases qui pourrait comporter le code d'une protéine connue, associée aux transferts d'ADN dans... les levures. Comme si, par une étrange économie de moyens, la nature avait conservé les mêmes outils pour diriger les échanges sexuels aux deux extrêmes de la chaîne évolutive.

« Quand nous avons envoyé notre deuxième article à *Nature*, raconte Philippe Berta, même Peter Goodfellow, le directeur du laboratoire, n'était pas convaincu que nous détenions le bon gène. De notre côté, nous étions certains d'avoir identifié les 240 bases importantes, mais nous ne savions toujours pas où commençait le gène complet. Mais nous ne voulions pas nous faire doubler. Alors nous avons pris le risque de publier. »

LA CLÉ D'AUTRES ANOMALIES

Aujourd'hui, les principaux doutes sont levés. En décembre, Philippe Berta publiait une étude de deux cas de femmes XY, où il avait découvert des mutations ponctuelles au sein de

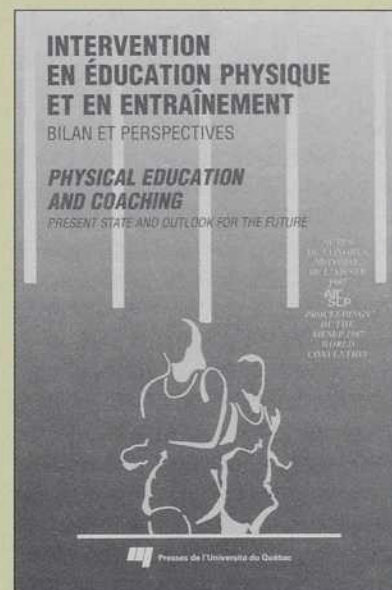
« son » gène, baptisé SRY. Dans le même numéro de *Nature*, Robin Lovell-Badge annonçait que, chez les embryons de souris, ce gène était bel et bien exprimé au bon moment et au bon endroit. En Australie, on a entrepris de vérifier la présence de ce gène sur le chromosome Y du kangourou. Les premiers travaux sont positifs. Enfin, preuve concluante s'il en fut : Robin Lovell-Badge vient de produire des souris mâles de type XX en injectant le gène dans des embryons de souris immédiatement après la fécondation.

Production de mâles à volonté ? Philippe Berta s'empresse de nuancer. « En agriculture, il y aura peut-être des applications possibles. Il arrive souvent qu'on y manipule des embryons. Mais le SRY n'est que le premier déclencheur de toute une cascade de gènes. Il faut se rappeler que les individus qui souffrent d'anomalies chromosomiques sont toujours stériles et qu'ils ont souvent toute une série de problèmes physiques et de retards mentaux. En clair, je ne vois aucune application directe de ces travaux, en matière de contrôle du sexe chez l'être humain ! »

En fait, l'intérêt est ailleurs : « Sur le plan fondamental, c'est une question philosophique importante que de comprendre comment la nature a résolu le problème de la détermination du sexe chez l'individu. Sur le plan embryologique, cela nous renseigne sur le mode de contrôle du développement d'un organe, en l'occurrence le testicule, mais le même genre de mécanisme pourra aussi se retrouver ailleurs, dans le développement d'autres organes. Sur le plan de la génétique, nous avons isolé une séquence d'ADN qui ne semblait correspondre à rien de connu, mais qu'on commence à retrouver, depuis, un peu partout dans d'autres gènes. Enfin, sur le plan médical, cela nous donne des clés pour comprendre les cas d'anomalies sexuelles, beaucoup plus fréquents que ce que l'on croit généralement. »

Et puis il y a tous les autres biologistes, qui ont déjà commencé à rechercher le gène SRY chez les oiseaux, les reptiles, les amphibiens, les crevettes... Une histoire à suivre. □

INTERVENTION EN ÉDUCATION PHYSIQUE ET EN ENTRAÎNEMENT



Sous la direction de Jacques Dessureault
268 pages, ISBN 2-7605-0541-3

26,75 \$
TPS INCLUSE

- Un bilan des connaissances en éducation physique et en entraînement.
- Une évaluation des tendances actuelles et futures.

Un stimulant pour tous les intervenants intéressés par la pédagogie, l'évaluation, l'apprentissage, le curriculum et l'entraînement sportif.

EN VENTE CHEZ VOTRE LIBRAIRE
ou chez l'éditeur au (418) 657-3551, poste 2860.
Vous pouvez aussi indiquer le nombre d'exemplaires désiré dans la case placée à côté du prix, et expédier cette annonce avec votre paiement aux :

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

Nom _____

Adresse _____

Code _____ Tél. () _____

☐ Chèque ☐ Mandat postal

☐ Visa ☐ MasterCard

Date d'expiration _____

Numéro _____

Signature _____

UN DÉCONGESTIONNANT ÉLECTRONIQUE POUR LA CIRCULATION

par Étienne DENIS

**L'ordinateur, qui a déjà accompli tant de merveilles,
réussira-t-il un nouvel exploit ?**

**Grâce à lui, la circulation routière entre dans une nouvelle ère,
mais il ne faudrait pas que cette révolution électronique ajoute
aux problèmes qu'elle veut résoudre.**

La gestion de la circulation est actuellement très artisanale, pour ne pas dire archaïque. Les automobilistes sont guidés par des panneaux peints et peuvent ainsi suivre les conseils des chroniqueurs de la radio. Résultat : tous les matins, des milliers d'automobilistes se font piéger dans l'un de ces nombreux bouchons imprévisibles. Mais cet « enfer quotidien » sera bientôt adouci, promettent des ingénieurs de tout l'Occident. La gestion de la circulation entre en effet dans l'ère électronique. Détection automatique des embouteillages, ordinateurs de bord, communications par satellite... Une véritable révolution !

Chez nous, la première étape de cette révolution se réalisera sur les autoroutes urbaines de Montréal et de Québec. Dans cinq ans, ces voies seront munies d'un système électronique d'information : un ordinateur central détectera les problèmes de circulation

et en avisera automatiquement les automobilistes, grâce à des panneaux de signalisation électroniques. Avant de s'engager sur l'autoroute Métropolitaine ou sur le pont de Québec, par exemple, l'automobiliste connaîtra donc l'état exact de la circulation à quelques kilomètres devant. Un accident survient et ralentit la circulation ? Un message sur les panneaux électroniques en informe immédiatement les automobilistes. Informés *avant* d'être pris dans le bouchon, les principaux intéressés pourront choisir un autre itinéraire.

Mais ce n'est pas tout. Des chercheurs américains, japonais et européens obtiennent des milliards de dollars pour des projets visant à amener ce genre d'information à l'intérieur même du véhicule. L'ordinateur de bord de l'automobile (!) indiquera le meilleur itinéraire, en tenant compte, entre autres, de l'état réel de la circulation. Si la densité du trafic change sur le



Première étape de la révolution électronique de la circulation: les panneaux à messages variables, installés sur le réseau autoroutier de la région de Montréal.

parcours, l'ordinateur en est informé par ondes radio et peut alors suggérer une autre route à l'automobiliste. Science-fiction ? Dès 1992, une centaine de voitures testeront cet ordinateur de bord. Parallèlement à tous ces



développements, une panoplie de gadgets futuristes feront leur apparition. Nous y reviendrons.

À Montréal, les panneaux électroniques d'information sur l'état de la circulation seront implantés sur 55 kilomètres de route, entre le tunnel Louis-Hippolyte-Lafontaine et Ville-Marie, en passant par les autoroutes Métropolitaine et Décarie. À Québec, ce sont les voies rapides aux abords des ponts

qui seront touchées. Sur le pont de Québec lui-même, la circulation sera unidirectionnelle vers Québec le matin, et vers la rive sud le soir. Les études de faisabilité sont terminées depuis 1988 ; au moment de mettre sous presse, les gestionnaires attendent le déblocage des budgets par le gouvernement. La conception et l'installation nécessiteront ensuite quatre années supplémentaires.

CAPTEURS ET CAMÉRAS

Comment fonctionnera le système ? Imaginez-vous, en 1996, au volant de votre véhicule. Vous entrez à Montréal par le tunnel Louis-Hippolyte-Lafontaine et vous pensez emprunter l'autoroute Métropolitaine. La circulation automobile sur l'autoroute est captée par les boucles de détection insérées dans le pavage à tous les 500 mètres.

Ces boucles, mises en place lors de la réfection de la chaussée de l'autoroute Métropolitaine en 1990, communiquent par fibre optique avec le nouvel ordinateur central. Celui-ci analyse l'ensemble de la circulation et affiche les messages appropriés sur les différents panneaux : « Métropolitaine, circulation lente ». Soudain, l'échangeur Décarie s'encombre à cause d'un accident. L'ordinateur central change automatiquement le message sur les panneaux : « Métropolitaine, circulation BLOQUÉE à partir de Saint-Laurent », sur quoi vous décidez d'emprunter la rue Notre-Dame.

Des milliers d'automobilistes auront, comme vous, quitté l'autoroute Métropolitaine vers les nombreuses voies parallèles, réduisant ainsi la densité du bouchon. Mais ce n'est pas tout. L'ordinateur a aussi signalé le problème à un opérateur. Celui-ci, après une vérification visuelle, grâce à un réseau de 33 caméras vidéo, prend les mesures qui s'imposent. A-t-on besoin d'une remorqueuse... ou alors d'un camion de pompier ou d'une ambulance ? L'opérateur téléphone aux services d'urgence, qui arriveront d'autant plus vite qu'ils seront eux aussi bien informés.

Le système électronique permettra donc de sauver des vies. « Il permettra également de dégager la route beaucoup plus rapidement », ajoute l'ingénieure Sandra Sultana, du ministère des Transports du Québec. Par conséquent, ce système électronique réduira aussi le nombre d'accrochages, fréquents lors d'un blocage de la circulation.

Malgré tout, ce projet n'améliorera pas vraiment la circulation « ordinaire », quotidienne. Les ingénieurs disent qu'il s'attaque surtout à la congestion ponctuelle causée par un accident ou des travaux. Un exemple parmi d'autres : le 11 septembre 1990, les 10 kilomètres de l'autoroute Métropolitaine situés entre Langelier et Décarie ont été complètement bloqués pendant une heure. Le bouchon a duré jusqu'au début de l'après-midi ! Avec une détection automatique de la circulation, couplée à des panneaux électroniques efficaces, la congestion aurait été réduite.

L'ORDINATEUR DE BORD

Les ordinateurs de bord ne seront pas la panacée que les plus enthousiastes nous décrivent. Les embouteillages existeront toujours, et il sera souvent impossible de les contourner. De plus, les informations fournies ne seront pas toujours suffisantes. Pour Georges-Émil April, professeur à l'École Polytechnique de Montréal, il n'est pas vraiment utile qu'un ordinateur nous dise à quelle rue tourner, si le nom de la rue est affiché à un endroit illisible... ou n'est pas affiché du tout, comme c'est trop souvent le cas au Québec.

Les inconditionnels de la haute technologie répliqueront cependant qu'un bon ordinateur de bord, en communication avec un réseau de satellites, peut pallier le manque d'information. Les spécialistes du transport en ont eu une preuve flagrante (bien qu'involontaire), lors d'un séminaire organisé par l'Association des transports du Canada. Même si ce séminaire traitait précisément des nouvelles façons d'informer les automobilistes, les organisateurs n'avaient fourni que l'adresse suivante :

« Hôtel Radisson, Ottawa ». Conséquence, plusieurs participants ont tourné en rond dans un centre-ville inconnu, rageant de ne pas avoir un ordinateur de bord qui connaisse, entre autres, l'adresse des hôtels.

Information et sécurité

Toute cette panoplie électronique sera parfois elle-même source de problèmes. Alison Smiley, présidente du Human Factors North, parle carrément de surcharge d'information pour le conducteur. Elle cite l'exemple de ce pilote de ligne qui a entendu un signal sonore en plein décollage. Il n'a pas été capable d'identifier lequel, parmi les dizaines de signaux possibles, venait de se déclencher... jusqu'à ce qu'il réalise que c'était son propre téléavertisseur qui sonnait ! Si l'ordinateur fournit trop d'informations en même temps (on parle, par exemple, de rendre accessible une version informatisée des Pages jaunes), il détourne l'attention du conducteur, risquant ainsi de causer un accident. Le conducteur ne doit pas jouer sa sécurité pour s'informer.



DES FEUX POUR ÉCONOMISER L'ESSENCE

Est-ce suffisant pour justifier le coût d'implantation du projet de Montréal,

Les losanges, qu'on peut voir à gauche sur la photo, signalent les boucles de détection insérées dans le pavage et qui permettent la communication avec l'ordinateur central.



Eve-Lucie Bourque

Selon l'ingénieure Sandra Sultana, la crédibilité du système repose sur la confiance des automobilistes dans les recommandations qu'ils en recevront.

estimé à 20 millions de dollars par le consortium SNC-Deluc ? Sur les autoroutes montréalaises, la congestion supplémentaire causée par des incidents fait perdre aux usagers 6,5 millions d'heures par année, sans oublier un gaspillage de 51 millions de litres de carburant. En réduisant la congestion, les panneaux feront économiser 15 millions de dollars par année aux automobilistes. Les Montréalais lui devront entre autres une économie de 2,2 millions d'heures d'attente (ce qui fait beaucoup de retards au travail !). Certains disent même que la concurrence des entreprises montréalaises s'en trouvera améliorée... Au Japon, du moins, les retards de livraison causés par la congestion routière sont suffisants pour ralentir la production industrielle. Côté environnement, le système évitera la combustion de 13 millions de litres de carburant, soit environ 100 000 litres d'air pollué... par Montréalais !

La révolution électronique ne se limite pas aux autoroutes. Reprenons notre exemple : vous avez décidé de ne pas emprunter l'autoroute Métropolitaine mais la rue Notre-Dame. Cette rue, qui longe le port de Montréal, est pratiquement une voie rapide munie de feux de circulation. Autre élément, qui peut sembler futuriste, mais qui est déjà pleinement fonctionnel en 1991 : la synchronisation de ces feux en fonc-

tion de la circulation. Ainsi, la rue Notre-Dame et la fin de l'autoroute Ville-Marie sont déjà munies de boucles de détection reliées à un ordinateur central. La durée des feux verts varie selon le nombre d'autos en attente. « La nuit, les feux restent verts sur Notre-Dame tant qu'il n'y a pas une auto qui arrive dans une rue perpendiculaire », explique Carol Richard, de la Ville de Montréal.

Est-ce efficace ? On a effectué un calcul précis sur un réseau similaire de six feux, boulevard Gouin à Pierrefonds, dans la banlieue ouest de Montréal. En installant un ordinateur qui ajuste les feux en fonction des fluctuations de la circulation, on a évité près d'un demi-million d'arrêts inutiles par année. À environ 10 ¢ d'usure de l'auto et 5 ¢ de carburant par arrêt, ce système fait annuellement économiser 70 000 dollars aux usagers. Son coût de 85 000 dollars semble donc justifié. « Le projet sera « remboursé » en 15 mois », conclut un résumé du Bureau de l'efficacité énergétique.

Peu à peu, ces réseaux de feux automatiquement « ajustés » par ordinateur s'étendront. Carol Richard affirme, par exemple, que la Ville songe à doter d'un ordinateur central les feux de la rue Crémazie, qui longe l'autoroute Métropolitaine. Pour l'instant, des boucles de détection permettent aux feux d'ajuster leur cycle en fonc-

tion de la circulation, mais rien n'assure la coordination entre les carrefours.

AUTOMATISER LES POSTES DE PESÉE

Un tel ordinateur offrirait l'avantage supplémentaire d'intégrer la rue Crémazie à l'autoroute Métropolitaine, ce qui donnerait aux automobilistes une possibilité intéressante. Car, pour l'instant, les panneaux prévus sur l'autoroute indiqueront simplement l'état de la circulation quelques kilomètres plus loin. Pas de directive précise, pas de « Prenez Crémazie », par exemple. « L'ordinateur de l'autoroute Métropolitaine ne saura pas si la circulation sur Crémazie est vraiment mieux », explique Sandra Sultana. Cette rue peut effectivement être complètement congestionnée, elle aussi... Le ministère des Transports ne veut pas risquer de tromper les automobilistes, poursuit l'ingénieure, car toute la crédibilité du système en serait affectée. À quoi bon informer les automobilistes s'ils ne croient pas l'information fournie ? La seule recommandation prévue est le message « Sortez ! », lorsque les trois voies de l'autoroute seront bloquées.

L'information destinée aux automobilistes n'est cependant pas le seul objectif de cette révolution électronique de la circulation ; elle cherche aussi à aider l'industrie du transport. Imaginez la scène : vous roulez à 100 kilomètres à l'heure sur l'autoroute 20, entre Montréal et Québec. Le camion que vous suivez sort en direction d'un poste de pesée. L'État veut vérifier s'il respecte les normes de poids, si son permis est valide, si le chauffeur a dépassé son quota d'heures de conduite, etc. Le poste de pesée est précédé d'une longue route d'accès, sur laquelle le camion roule lui aussi à 100 km/h, et dont il ressort, pour revenir prendre sa place devant vous sur l'autoroute ; tous les tests ont été effectués, sans que le chauffeur n'ait eu à ralentir son véhicule !

Voici de quoi il s'agit. Le camion est muni d'un marqueur électronique qui l'identifie. Ce marqueur fournit aussi les détails pertinents sur les permis du chauffeur, la destination et le

point d'origine, etc. Lorsque le camion s'engage sur la route d'accès menant au poste de pesée, il est identifié par un ordinateur, qui vérifie la validité des permis. Pendant ce temps, un système électronique incorporé à la chaussée pèse le véhicule (qui roule toujours à 100 km/h !), compte le nombre d'essieux et détermine ainsi si le camion respecte la réglementation. Les camions qui passent avec succès tous ces tests peuvent revenir sur l'autoroute ; les autres doivent subir une vérification manuelle.

« Nous en sommes déjà à la phase de démonstration, avec cette technologie », annonce Terry Bergan, président de l'International Road Dynamics. Tout le long d'un parcours autoroutier allant de la Colombie-Britannique au Texas, 37 stations de pesée seront bientôt équipées de tous les appareils électroniques nécessaires pour tester un camion roulant à vive allure. C'est le programme HELP, pour *Heavy Vehicle Electronic License Plate* (programme de plaque d'immatriculation électronique pour véhicules lourds).

NOUVEAU SYSTÈME ANTIVOL

Les avantages d'un tel système sont multiples. Premièrement, le camionneur ne subit pas de perte de temps, ce qui contribue au bon roulement de son entreprise, et donc de l'économie en général. « Il ne sera même plus nécessaire de lui demander d'arrêter aux douanes », précise Lewis Sabounghi, du Centre de développement des transports. L'État maintient aussi un contrôle sévère de sa réglementation. Voler un camion deviendra particulièrement difficile, lorsque ce réseau d'identification sera étendu à l'ensemble de l'Amérique du Nord !

Le projet HELP est le premier balbutiement d'une technologie du 21^e siècle. Plusieurs États américains utiliseront de tels marqueurs électroniques pour instaurer des postes de péage automatiques. Comme les camions du projet HELP, les autos munies d'un marqueur n'auront pas à attendre en file pour payer leur passage sur les autoroutes ou les ponts. Elles emprunteront sans ralentir une voie



Comme en témoigne cette photo prise, en 1987, aux abords de Paris, la France a installé depuis déjà quelques années des systèmes de gestion de la circulation.

réservée, où elles seront automatiquement identifiées. Leur propriétaire recevra ensuite un compte mensuel similaire à celui de la compagnie de téléphone. Au Québec, il faudra bien s'y faire, le ministère des Transports n'exclut pas l'établissement de ces postes de péage électroniques.

L'intégration de diverses technologies multipliera les applications. Par exemple, l'information sur l'évolution de la circulation recueillie par les boucles de détection de l'autoroute Métropolitaine pourra être envoyée par ondes radio aux ordinateurs à bord des véhicules. Connaissant à tout moment la position du véhicule à l'intérieur de la ville et muni d'une carte routière, l'ordinateur de bord pourra guider le conducteur vers sa destination, en choisissant le chemin optimal en fonction de la circulation. Devant un choix de trois ou quatre chemins possibles pour se rendre à destination, l'ordinateur de bord indiquera donc le moins encombré.

Les technologies nécessaires à un tel système sont en plein développement. Dans quelques années, un réseau de 17 satellites permettra à un véhicule de se localiser lui-même avec une précision de quelques mètres, et ce, n'importe où dans le monde. Pour ce qui est des ordinateurs de bord, un prototype

sera testé dans le cadre du projet Trav Tek, prévu pour janvier 1992, à Orlando en Floride. Une centaine de voitures de marque Oldsmobile seront équipées d'un tel ordinateur. Le conducteur pourra lire sur l'écran situé à droite du volant, par exemple le message : « Tournez à droite, rue Principale », accompagné d'une flèche illustrant ce virage. De plus, l'ordinateur fournira des renseignements sur les sites de stationnement, les hôtels, etc.

Des projets similaires se dérouleront un peu partout dans le monde, au cours des années à venir. Les Américains, les Européens et les Japonais ont chacun leur programme de recherche et de développement. À Montréal et à Québec, les systèmes de détection de la circulation sur les autoroutes seront conçus de façon à s'adapter à ces nouvelles technologies.

On peut prévoir que tous ces appareils s'implanteront un peu comme l'ont fait le téléphone cellulaire et le télécopieur. Le monde des affaires et l'industrie du transport seront les premiers à acheter l'équipement nécessaire, coûteux au début. Puis la production augmentera, et les prix tomberont. Se faire guider par son propre ordinateur de bord entrera alors dans les habitudes de vie, et nous serons rendus au 21^e siècle. □

POURQUOI DE LA CORROSION EN 1991 ?

Depuis la fin de la Deuxième Guerre mondiale, de nombreux chercheurs ont tenté d'améliorer les qualités de base des métaux utilisés dans la fabrication des bateaux, avions, automobiles ou encore des véhicules spatiaux. Pour la majorité des consommateurs, ce sont principalement les applications de ces recherches à l'industrie automobile qui ont le plus de répercussions sur leur vie de tous les jours.

Les ingénieurs travaillent à concevoir des alliages qui rendent les automobiles d'aujourd'hui solides, peu coûteuses à l'achat, économes en carburant, esthétiques, performantes. Mieux conçues, elles ne rouillent pas et durent longtemps.

Les fabricants doivent donc tenir compte de plusieurs contraintes au moment de la conception des automobiles et du choix des matières premières utilisées pour leur fabrication. Les besoins de sécurité, les conditions climatiques, les attentes des consommateurs – mais aussi leur budget limité –, la technologie disponible et la main-d'œuvre en sont quelques exemples.

Si on essaie de réunir toutes les qualités exigées d'une automobile, certaines contradictions apparaissent : en utilisant des métaux plus légers afin d'économiser le carburant, ceux-ci risquent d'être moins résistants à la corrosion et ils peuvent diminuer la solidité du véhicule. Par contre, si l'on utilise des matériaux plus résistants pour éviter ces problèmes, on devra augmenter de beaucoup le coût de vente du véhicule. Forcés de s'adapter au marché, les fabricants ne peuvent alors concevoir des véhicules qui puissent répondre à tous les critères exigés par le consommateur.

Au cours des dernières années, les fabricants ont cherché, entre autres choses, à améliorer la résistance à la rouille de leurs véhicules motorisés en utilisant soit le plastique, la galvanisation, soit d'autres méthodes. Cependant, des inspections faites sur des véhicules neufs révèlent des problèmes de rouille facilement repérables, malgré la protection originale contre la perforation.

Les principales causes de l'apparition de la rouille découlent des techniques de fabrication et d'assemblage des pièces. Comme les éléments de la carrosserie subissent plus de 1 500 points de soudure ou de rivetage ainsi que plusieurs plisages et mises en forme, les enduits protecteurs sont endommagés, permettant ainsi à la rouille de s'installer.

La corrosion apparaîtra donc à coup sûr, mais c'est sur les modèles à carrosserie monocoque qu'elle sera la plus importante. La rouille s'attaquera d'abord à l'apparence de votre véhicule, mais les mécanismes de sécurité et la solidité de celui-ci seront aussi touchés. Pour ces raisons, il est recommandé de faire effectuer un traitement antirouille autant sur les véhicules neufs que sur les véhicules usagés.

En Amérique du Nord, c'est au Québec que les chercheurs du Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ) ont mis au point une huile spécialement conçue pour protéger de la corrosion les véhicules soumis à notre rude climat. Il s'agit d'un produit assez fluide pour pénétrer les pores du métal, s'infiltrer dans les moindres plis et recoins, et en chasser l'eau et l'humidité. Mais c'est aussi un produit qui recouvrira toutes les parties stratégiques d'une mince pellicule protectrice, suffisamment solide pour arrêter la rouille durant un an.

Ce produit, appliqué exclusivement par les professionnels d'Antirouille à l'huile Métropolitain, est breveté au Canada. Pour un investissement de moins de 60 \$, vous prolongez la durée de vie de votre véhicule et vous vous assurez d'une meilleure valeur de revente.

Prenez rendez-vous dès maintenant à l'un de nos centres de traitement :

RÉGION DE MONTRÉAL :

- 6951, boul. Les galeries d'Anjou, Montréal, H1M 2W1 • Tél. : (514) 356-1519
- 340, boul. Roland-Therrien, Longueuil, J4H 3V9 • Tél. : (514) 651-5531
- 600, boul. Saint-Martin Est, Laval, H7M 4M8 • Tél. : (514) 668-9883

RÉGION DE QUÉBEC :

- 2655, boul. Wilfrid-Hamel, Duberger, G1P 2H9 • Tél. : (418) 687-5660
- 3760, boul. de la Rive-Sud, Saint-David, Lévis, G6W 7L3 • Tél. : (418) 833-3411

RÉGION DE TROIS-RIVIÈRES :

- 1600, boul. Saint-Louis, Saint-Louis-de-France, G8T 1G4 • Tél. : (819) 378-8222

ANTIROUILLE ?
à l'huile
Métropolitain

Daniel Johnson

L'histoire de son accession au pouvoir et des 800 jours de son gouvernement (1966-1968). Au-delà des aspects biographiques inédits, une analyse fouillée de sa pensée constitutionnelle et économique, un bilan de ses réalisations politiques, une synthèse approfondie des relations fédérales-provinciales et des premières relations internationales du Québec. Un tableau dynamique de la société québécoise traversée, entre autres, par une radicalisation du mouvement nationaliste.

DANIEL JOHNSON. RÊVE D'ÉGALITÉ ET PROJET D'INDÉPENDANCE

Sous la direction de Robert Comeau
1991, ISBN 2-7605-0632-0, 460 pages

39,59 \$
TPS INCLUSE



EN VENTE CHEZ VOTRE LIBRAIRE

ou chez l'éditeur au (418) 657-3551, poste 2860.
Vous pouvez aussi indiquer le nombre d'exemplaires désiré dans la case placée à côté du prix, et expédier cette annonce avec votre paiement aux :

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

Nom _____

Adresse _____

Code postal _____ Tél. () _____

☐ Chèque ☐ Mandat postal ☐ Visa ☐ MasterCard
Numéro _____

Date d'exp. _____ Signature _____

P-141-B

QUAND L'INDONÉSIE SE MET À PARLER D'ENVIRONNEMENT

par Ève-Lucie BOURQUE

**Grâce à l'aide financière de l'ACDI
et au travail d'une équipe canadienne,
ce pays du Sud-Est asiatique est en train de se doter
d'un système de gestion de l'environnement.**

**Une grande première
dans un pays en voie de développement.**



Composé de 15 000 îles s'étalant d'est en ouest sur une distance équivalant à la longueur du territoire canadien, on pourrait surnommer l'Indonésie le « pays-archipel ». À l'ouest, Java supporte une des populations les plus denses au monde. À l'extrémité est, dans la forêt pluviale de l'île d'Irian Jaya, on a découvert, il y a une dizaine d'années, des tribus indigènes n'ayant jamais eu de contacts avec la civilisation, à l'heure où l'Indonésie s'équipe d'un réseau de communications par satellite. Pays en voie de développement, certains experts lui prédisent un envol économique très important au cours de la présente décennie. Mais l'Indonésie fait face à un défi de taille : mettre en place un système de gestion de l'environnement, de manière à assurer la pérennité de ses ressources. Un projet

de coopération avec l'Agence canadienne de développement international (ACDI) et l'Université Dalhousie de Nouvelle-Écosse l'aide dans cette entreprise, depuis 1983.

L'Indonésie espère aussi devenir la cinquième force économique du Sud-Est asiatique – le cinquième petit dragon – après Hong-Kong, Singapour, Taïwan et la Corée du Sud. Selon la *Far Eastern Economic Review*, des manufacturiers de ces pays commencent à venir s'installer en Indonésie parce que la main-d'œuvre y est meilleur marché. Les investissements étrangers ont été de l'ordre de 4,72 milliards de dollars US en 1989, soit trois fois ceux de 1987. Le pays a un urgent besoin de cet argent pour rehausser la qualité de vie de ses habitants. On manque d'eau potable dans les grandes villes, la collecte des déchets n'est pas suffisante, les égouts sont souvent à ciel ouvert...

LE VIRAGE VERT

Malgré l'efficacité du programme de planification des naissances – 50 % des femmes emploieraient un moyen de contraception –, le pays fait face à un problème de surpopulation. De 182 millions, le nombre d'habitants dépassera les 300 millions en l'an 2020. Il faut penser création d'emplois. Parce que la majeure partie de la population vit de l'agriculture, il faut déboiser de plus en plus, alors que la forêt indonésienne est la troisième en importance après les forêts pluviales de l'Amazonie brésilienne et du Zaïre. Et l'on ne parle pas ici des multiples exploitants qui vivent de la coupe du bois. L'arrivée de nouvelles industries et une utilisation accrue des ressources naturelles créeront un stress supplémentaire sur l'environnement. C'est dans ce contexte économique et

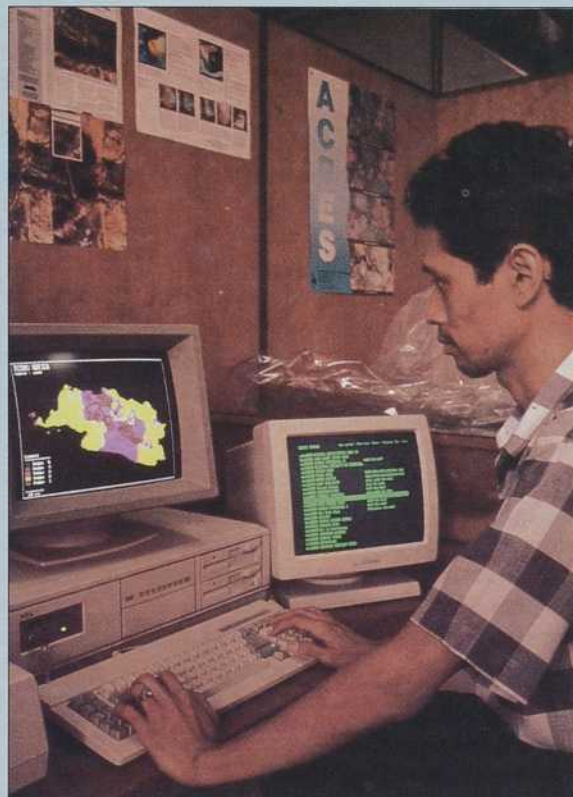


social que l'Indonésie tente d'amorcer son premier virage vert.

Jusqu'en 1988, le Canada a été le seul pays à investir pour un projet ne touchant que l'environnement, dans un pays en voie de développement. « Le projet EMDI – Environmental Management Development in Indonesia – vise, entre autres, à renforcer les compétences techniques du ministère d'État à la Population et à l'Environnement depuis 1986 », indique Shirley Conover, directrice du projet depuis 1989 et rattachée à la School for Resource & Environmental Studies, de l'Université Dalhousie à Halifax, chargée de la gestion du projet.

« Pour que les institutions indonésiennes puissent contribuer à l'élabora-

***L'Indonésie.**
Dans cette république
composée de 15 000 îles,
on compte 63 000 villages
en plus des villes,
200 groupes ethniques,
qui parlent 400 langues
et dialectes. Ses habitants
ont une espérance de vie
de 54 ans. Le projet EMDI
a subventionné, entre autres,
l'acquisition d'un logiciel
spécialisé pour aider le pays
à aménager son territoire.*



Frank Koller / ACDI

tion et à la mise en œuvre de politiques et de systèmes régulateurs portant sur le développement durable et l'environnement en général, nous choisissons des conseillers canadiens qui partent travailler sur le terrain, pour une période variant d'un mois à trois ans », explique Mme Conover, qui se rend elle-même quatre fois l'an en Indonésie, pour de courtes périodes. Plusieurs experts proviennent de différents départements des gouvernements fédéraux ou provinciaux, ou encore travaillent dans le secteur privé mais ont déjà œuvré avec le gouvernement. « Nous trouvons particulièrement important, poursuit Mme Conover, que nos conseillers comprennent les rouages de la bureaucratie, puisqu'ils seront au ministère d'État à la Population et à l'Environnement. Ils opéreront avec leurs homonymes indonésiens un transfert de savoir-faire, que ce soit en gestion des déchets toxiques, ou dans le domaine des critères environnementaux ou de la rédaction des lois sur l'environnement. Toutefois, nous prenons garde de ne pas nous ingérer dans le processus décisionnel de ce pays. Nous ne sommes là que pour leur indiquer les étapes à suivre. »

UN MODÈLE VERT EXPÉRIMENTAL

Bien que le projet EMDI ait démarré en 1983, l'idée en avait germé au milieu des années 70. Arthur Hanson, de la School for Resource & Environmental Studies, à l'Université Dalhousie, assiste alors, en tant que membre de la Fondation Ford en Indonésie, à la création de l'équipe qui allait devenir, dans les années 80, le ministère d'État à la Population et à l'Environnement. Dès la fin des années 70, l'Université Dalhousie fournit une assistance technique aux centres d'études sur l'environnement rattachés à différentes universités indonésiennes. Le premier de ces centres avait été mis sur pied au début des années 70, avant même l'arrivée de M. Hanson.

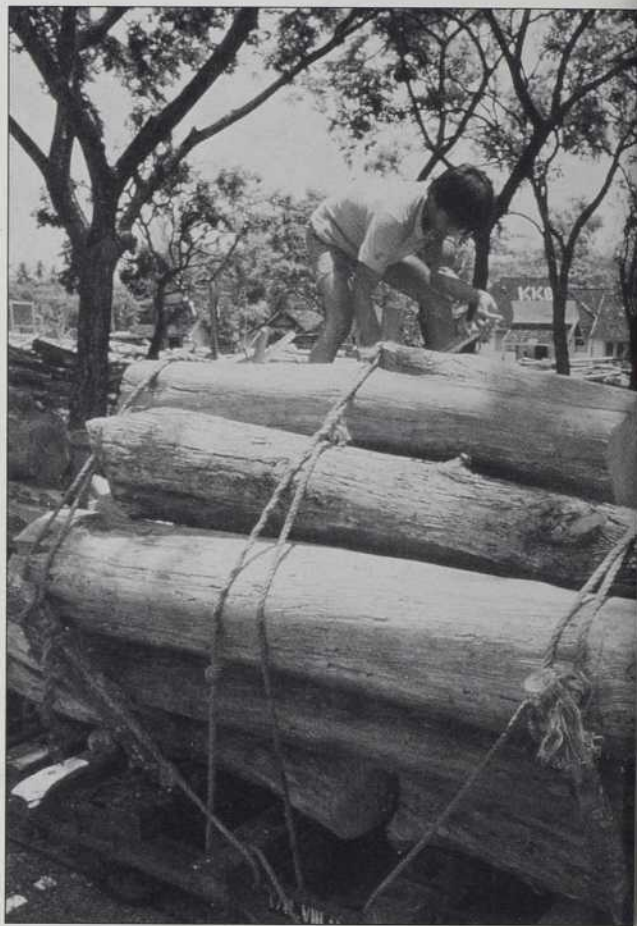
À l'époque, Dalhousie fournissait des livres et de l'équipement, et organisait parfois des séminaires. Après

avoir évalué les impacts de cette coopération et réalisé qu'elle gagnerait en efficacité, si elle était plus structurée et plus engageante, M. Hanson, l'ACDI et l'Indonésie signèrent en 1983 une entente pour le démarrage de la première phase du projet EMDI, lequel a énormément évolué, en matière de concept et de dimensions, au fil des années.

Durant cette première phase du projet, on prêta assistance aux sept nouveaux centres d'études sur l'environnement qu'on était en train de mettre sur pied. Le bureau central fut installé dans les quartiers mêmes du ministère d'État à la Population et à l'Environnement, à Jakarta. La démarche consistait à préparer les centres universitaires, afin qu'ils soient en mesure de former un personnel adéquat pour travailler dans la gestion et l'évaluation de l'environnement. En 1986, à la fin de la première phase, c'était au tour du ministère d'État à la Population et à l'Environnement de demander assistance. « Le Ministère, explique Shirley Conover, nous a indiqué des domaines prioritaires où il avait besoin de conseils dans l'immédiat, soit ceux de la gestion des déchets dangereux, de l'évaluation de l'environnement, de lois et du contrôle de la pollution. »

Au fil des ans, les fonds de l'ACDI augmentent aussi, passant de 2,8 à 7,9 millions de dollars. Le ministère d'État, avec l'aide des conseillers canadiens, établit une politique sur l'environnement ainsi que des lois et des règlements. Il appartient à d'autres intervenants, au niveau national, des provinces et des districts, de faire appliquer les lois. « Le ministère d'État doit leur fournir des conseils et de l'assis-

La forêt est surexploitée : le couvert forestier disparaît au rythme d'un million d'hectares par année. Mais que ce soit dans les domaines de la gestion des forêts ou du contrôle de la pollution de l'eau, beaucoup reste à faire.



tance, ce qui n'est pas une mince tâche », soutient Mme Conover.

Le concept de développement durable est connu depuis longtemps dans ce pays du Sud-Est asiatique. Les Indonésiens étudiant aux États-Unis, vers la fin des années 60, l'ont en effet rapporté avec eux d'Amérique. Déjà, la proposition de la délégation indonésienne à la Conférence de Stockholm, en 1972, en faisait mention. Chapeautée par les Nations Unies, cette conférence réunissait pays développés et pays en développement autour du thème du droit des humains à un environnement sain. Emil Salim, maintenant ministre d'État à la Population et à l'Environnement, y présidait la délégation indonésienne. Il fut également l'une des 18 personnes invitées à faire partie de la commission Brundtland, en 1984.



TÉLESCOPER LE TEMPS

« Le plus récent plan de développement quinquennal de l'Indonésie, indique Shirley Conover, insiste justement sur le concept de développement durable dans les domaines de la foresterie, de l'industrie et de l'agriculture. Mais il y a un long chemin à parcourir entre le concept et son application. Je crois que l'Indonésie se situe en ce moment au même endroit que le Canada et les États-Unis à la fin des années 60. Lorsque nos conseillers ont mis la main à la pâte, ils sont retournés en quelque sorte vingt ans en arrière. » Et, selon un conseiller en poste à Jakarta, il est presque inévitable qu'un pays en développement, comme l'Indonésie, ait à franchir les mêmes étapes et à commettre plusieurs erreurs similaires à celles des pays développés, même si on essaie de les aider à ne pas les répéter. Il s'agit d'un processus évolutif au cours duquel ils apprennent la procédure à suivre.

« L'une des retombées directes du projet, cependant, ajoute la directrice,

c'est de comprimer la période d'apprentissage à chacune des étapes, de télescoper le temps, pourrait-on dire. » Il faut aussi que l'Indonésie puisse avoir accès à un bassin de ressources techniques beaucoup plus grand. Alors que 11 000 personnes travaillent pour Environnement Canada, en Indonésie, on compte 180 personnes au ministère d'État à la Population et à l'Environnement, et seulement 500 Indonésiens possèdent une formation en sciences ou en jurisprudence avec spécialisation en environnement. Une vingtaine des 54 centres d'étude sur l'environnement sont maintenant très engagés dans la formation de personnel.

Certains viennent parfaire leur formation au Canada. Le projet EMDI offre en effet un programme de bourses d'études en gestion, à la School for Resource & Environmental Studies de l'Université Dalhousie. Les responsables du projet organisent aussi parfois des missions techniques, qui sont ni plus ni moins que des campagnes de sensibilisation. « En 1989, raconte Mme Conover, nous avons invité les vice-gouverneurs de huit provinces à venir constater *de visu* des programmes de dépollution des eaux qui avaient donné des résultats, comme dans le port d'Halifax, le fleuve Saint-Laurent et le lac Érié. »

Mais est-ce une bonne idée de donner en exemple à ces gens un des Grands Lacs, réputés pour être de véritables soupes chimiques ? « Il y a eu un maximum de développement industriel dans cette région, répond la responsable. C'est un bon exemple à leur offrir, parce qu'ils comprennent qu'un tel niveau de pollution est l'aboutissement d'une mauvaise gestion environnementale de longue date. » Il faut savoir que les vice-gouverneurs seront

appelés à jouer un rôle clé, dans la gestion de l'environnement, en servant d'intermédiaires entre le ministère d'État à la Population et à l'Environnement et les administrations locales.

« Il y a lieu d'entretenir de l'espoir quant à l'avenir des Grands Lacs, renchérit Mme Conover. Nous leur citons l'exemple du phosphore, présent dans les détergents, à la fin des années 60, et source de pollution majeure. Une fois le problème identifié, les compagnies ont été obligées, par une nouvelle loi, de modifier leur formule. L'état de santé du lac Érié s'est amélioré considérablement, depuis. Nos visiteurs se rendent compte de l'importance des lois et de leur application pour assurer la protection de l'environnement. »

LE RÉSULTAT D'EMDI 3

L'Indonésie se préoccupe également de la qualité de ses eaux. Les conseillers canadiens et des membres du ministère d'État à la Population et à l'Environnement indonésien travaillent depuis 1986 à définir les critères de la zone industrielle, dans le cadre du programme de contrôle de la pollution. « Un des aspects les plus importants du transfert de savoir-faire consiste à montrer aux responsables indonésiens comment travailler à partir de documents portant sur les critères des États-Unis, du Canada, de l'Europe, de l'Australie, du Japon et d'autres pays du Sud-Est asiatique », affirme Shirley Conover.

Le premier projet pilote touchait 8 provinces et 20 des rivières les plus polluées du pays. Depuis le début de la troisième phase d'EMDI en 1989 – un budget total de 33,8 millions, pour la phase se terminant en 1994 –, le projet couvre 11 provinces et 24 rivières. Mais l'Indonésie manque de main-d'œuvre qualifiée et de laboratoires pour les analyses nécessaires. Le Ministère et les conseillers ont donc réuni dix agences de coopération internationale prêtes à les assister dans la réalisation du programme. « C'était la première fois que nous travaillions avec les provinces, souligne Mme Conover. C'est à ce moment-là que nous nous sommes rendu compte que les vice-gou-

verneurs étaient les personnes clés pour faire appliquer les lois découlant des critères environnementaux. »

La forêt indonésienne, surexploitée, est en danger. Considérée comme une partie importante des poumons de la planète, elle totalise 10 % des forêts pluviales. Selon un forestier européen cité dans la *Far Eastern Economic Review* et qui préfère garder l'anonymat, d'ici 30 ans, on ne pourra plus trouver un seul arbre ayant une valeur commerciale (diamètre de 50 cm et plus), si l'exploitation continue à ce rythme. Il existe des projets de reboisement entrepris entre autres par les Japonais – les plus gros investisseurs et parmi les plus importants acheteurs des produits de la forêt indonésienne – et les Allemands. Par contre, on replante surtout des essences à croissance rapide et on favorise la monoculture. Sur de rares terrains, les arbres sont prélevés en bandes étroites pour favoriser la régénération naturelle. Des groupes environnementaux locaux, cités dans le même magazine, se demandent toutefois s'il est même vraiment possible d'exploiter la forêt tropicale selon le concept du développement durable, à cause de son extraordinaire diversité biologique. Elle contiendrait en effet 10 000 variétés d'arbres, plus de 500 mammifères différents et 1 500 espèces d'oiseaux. Par ailleurs, les bénéfices engendrés par l'exploitation du bois constituent la troisième source de revenu, après le pétrole et le gaz.

Le ministère d'État à la Population et à l'Environnement n'a aucun pouvoir auprès des autres ministères et ne peut que leur fournir politiques, règlements et conseils, et se mettre à leur disposition pour leur transmettre certains principes découlant du concept du développement durable. Selon Shirley Conover, le projet EMDI finira par avoir une influence positive et de longue durée sur le ministère de la Forêt. « Il a servi d'exemple à une agence américaine de développement international, la USAID, qui a élaboré un projet semblable et qui travaillera directement auprès du ministère de la Forêt indonésien », explique-t-elle, un projet qui démarrera bientôt. Les règles du jeu viendront donc à changer.

Entre 1989 et 1993, selon une source provenant du ministère de la Forêt et citée dans la *Far Eastern Economic Review*, le gouvernement s'occuperait de relocaliser 500 000 familles. Il faudra défricher. On sait que la Banque mondiale, il y a une dizaine d'années, avait appuyé des projets de migrations semblables, mais avait été fort critiquée parce que certains projets avaient cafouillé. « Un des volets du projet EMDI, explique la responsable,

*L'Indonésie
fait des efforts sincères
pour augmenter
son personnel qualifié
et rattraper
le temps perdu.*

consiste à aider le ministère de la Transmigration (émigration à l'intérieur du pays vers des zones moins peuplées) à prendre des décisions éclairées quant à l'aménagement de son territoire. Nous avons fourni au ministère d'État à la Population et à l'Environnement un logiciel spécialisé pour traiter l'information, soit des images par satellites ou aériennes, et toute information provenant d'autres ministères, comme celui de l'Agriculture. » Environnement Canada utilise le même logiciel pour le traitement de son information et pour ses prises de décisions.

UNE HISTOIRE DE CORAIL

Les eaux indonésiennes couvrent, avec 5,8 millions de km², un territoire trois fois grand comme la totalité des îles. Un des volets de la troisième phase du projet EMDI consiste à aider le ministère d'État à la Population et à l'Environnement dans son assistance à la section des Parcs nationaux du ministère de la Forêt, dans la gestion, la préservation et la conservation d'écosystèmes marins fragiles.

Il existe un lien très étroit entre la forêt de mangroves, qui pousse en bordure de la mer, et la vie marine. Les feuilles tombent à la mer, enrichissent le milieu aquatique en se décomposant et favorisent le cycle de la chaîne marine. Toutefois, certaines de ces forêts sont exploitées pour leur valeur commerciale. Dans ces régions, la pêche n'est plus aussi productive. « Dans le cadre de ce projet de gestion environnemental des côtes et de la vie marine, explique Shirley Conover, nous étudions cette interaction mais aussi celle de la communauté qui exploite la forêt de mangroves. Nous faisons faire, entre autres, une étude sur l'économie de cette région engendrée par l'exploitation de cette ressource. »

Le corail fait, lui aussi, l'objet d'une exploitation intensive. Réduit en poudre, il entre dans la fabrication du ciment. Pour le « récolter », on utilise les explosifs. Ainsi une kyrielle de petites îles, dans la partie est de l'archipel, constitue un magnifique ensemble de récifs et d'îlots de corail très productif. Le gouvernement indonésien décidera bientôt quelle portion deviendra un parc national marin entièrement protégé et quelles parties seront transformées en parcs où les activités de pêche seront contrôlées. « Cette étape est cruciale, déclare Mme Conover, puisqu'il s'agit de gérer adéquatement son utilisation, trouver l'équilibre entre la conservation, la préservation et les besoins de la population. »

Y aura-t-il une quatrième phase au projet EMDI ? La troisième étape prend fin en mars 1994, et Mario Renaud, responsable de l'ACDI à Jakarta, n'a pas voulu trop s'avancer. « Il y aura tout d'abord, une évaluation du programme EMDI depuis 1983, affirme-t-il, laquelle sera suivie d'une discussion entre les trois parties. » Pour Mme Conover, le transfert d'expertise porte fruit. « L'Indonésie, dit-elle, fait des efforts sincères pour augmenter son personnel qualifié et rattraper le temps perdu. Dans le cas de la gestion des produits toxiques, nous pouvons parler de réussite majeure au niveau du transfert de savoir-faire, puisque ce sont les Indonésiens qui en ont délimité les paramètres. Un jour, ils finiront par connaître leur environnement mieux que nous. » □

SACS À DOS ET VALISES



LE VOYAGEUR

Pour l'expédition (Vert)
284,00 \$ (328,19 \$ taxes incl.)



L'ESCAPADE

Valise transformable en sac à dos
(Violet et bleu)
148,00 \$ (171,03 \$ taxes incl.)



LE PETIT VOYAGEUR

Pour l'avion ou le voyage (Marine)
114,00 \$ (131,74 \$ taxes incl.)



LE GRAND DUC (24 litres)
Pour les étudiants (Vert)
100,00 \$ (115,56 \$ taxes incl.)



L'HIRONDELLE (16 litres)
Le plus mignon (Bleu, rose et jaune)
52,00 \$ (60,10 \$ taxes incl.)

LE PLUME

Idéal pour le voyage !
Se replie dans une pochette
(Marine et mauve)
Grand 30,00 \$ (34,67 \$ taxes incl.)
Moyen 27,00 \$ (31,21 \$ taxes incl.)



SACS DE COUCHAGE

MOMIE NIMBUS 200

-4°C, 1,5 kg
268,00 \$ (309,70 \$ taxes incl.)

MOMIE NIMBUS 300

-12°C, 2 kg
338,00 \$ (390,60 \$ taxes incl.)

NIMBUS KARRÉ

TROIS SAISONS 300

-8°C, 2,1 kg - Taille Moyen ou Grand
288,00 \$ (332,81 \$ taxes incl.)

*Ces sacs peuvent
se lier ensemble,
même un Karré
avec une Momie.*



MEMBRES DE QUÉBEC SCIENCE, VOIR AVANTAGE N° 10.

N.B. : Les nouveaux prix affichés sont en vigueur depuis le 15 août 1991.

SEPTEMBRE 1991 / QUÉBEC SCIENCE 33



ART ET TECHNOLOGIE POUR TOUS LES GOUTS

par Étienne DENIS

L'exposition « Images du futur » est, cette année, plus variée que jamais. Jusqu'au 22 septembre, c'est l'une des principales attractions du Vieux-Port de Montréal.

Non, Images du futur '91 n'est pas une exposition sur les hologrammes ou le cinéma sur écran géant. Images du futur '91 traite d'abord de l'art, plus particulièrement de l'art issu de la technologie. C'est en quelque sorte une vitrine de la « technoculture » propre à l'ère informatisée dans laquelle nous entrons.

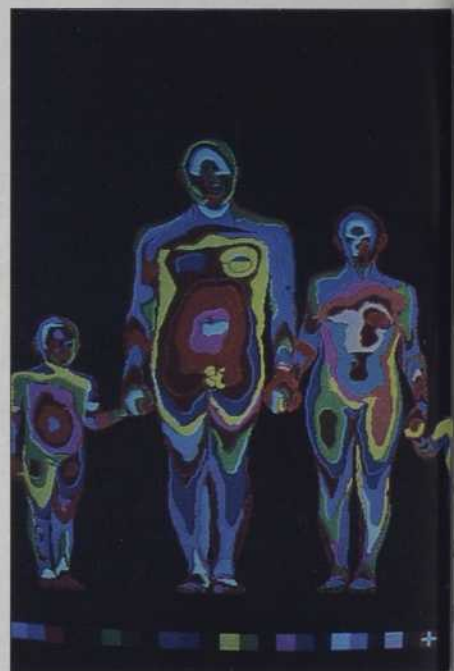
LA FUSION ART-TECHNOLOGIE

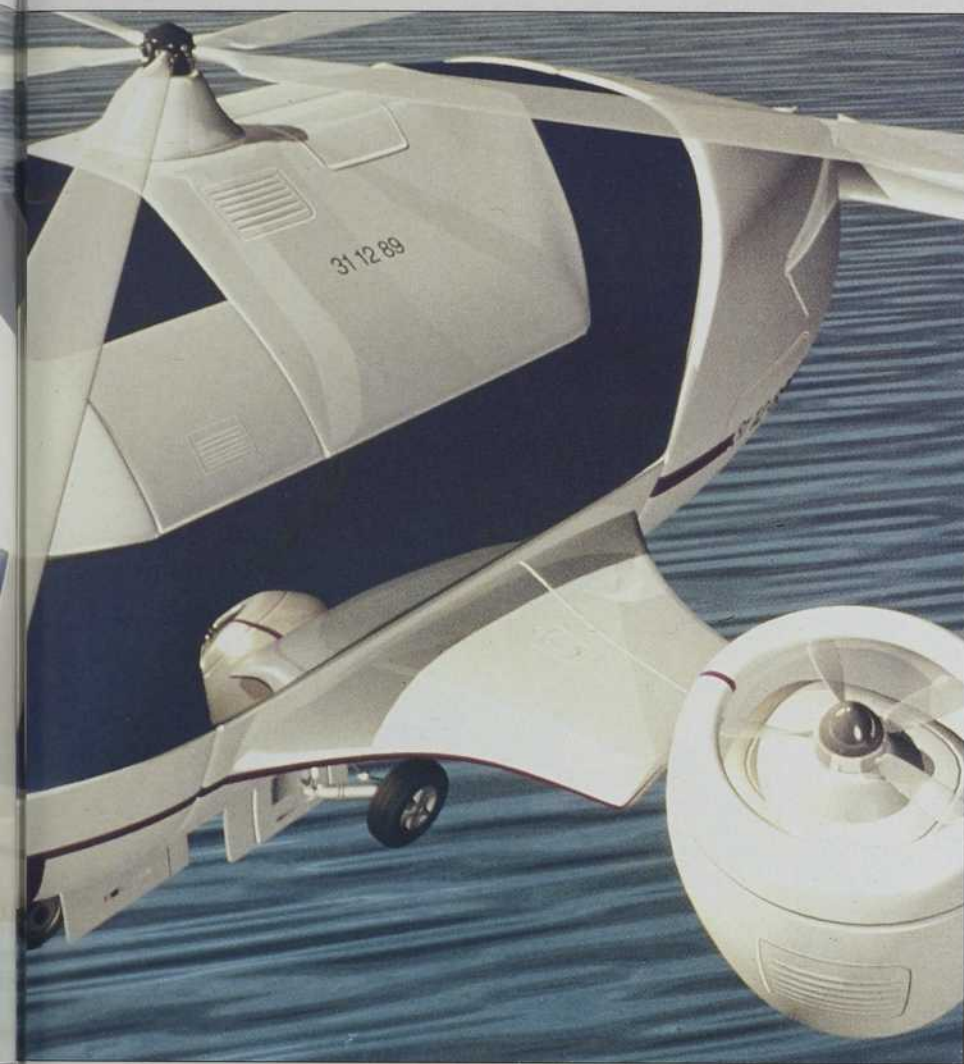
Je suis entré à Images du futur '91 croyant qu'il s'agissait d'une exposition sur la technologie. J'en suis sorti croyant qu'il y était plutôt question d'art. Mais après avoir discuté avec Hervé Fischer, coprésident de La cité des arts et des nouvelles technologies de Montréal, qui organise l'exposition, j'en arrive à la conclusion que cette séparation art-tech-

nologie est artificielle. Et qu'elle tendra à disparaître.

« Cette séparation n'existait pas dans les sociétés primitives », explique d'abord M. Fischer. La fabrication d'un masque, par exemple, était à la fois un acte technologique, religieux et artistique. Puis, raconte le coprésident, les idées ont évolué. Descartes a soutenu qu'on devait tout séparer pour comprendre. À la Renaissance, l'art s'est distingué de l'artisanat. Conséquence, dit Hervé Fischer, au début du 20^e siècle l'art et la technologie étaient devenus si incompatibles que des peintures représentant des locomotives ont fait scandale.

Mais aujourd'hui, ces deux mondes fusionnent de nouveau. Non seulement l'écrivain rédige maintenant à l'aide d'un ordinateur, mais le peintre manipule un laser pulsé pour faire un portrait holographique, tandis que musiciens et





Animation par ordinateur
(Softimage, Canada)

« Famille thermographique »
(Dan McCoy, États-Unis)

« The Clown » (extrait)
(Nancy Kato, États-Unis)

chanteurs sont souvent remplacés par des synthétiseurs. L'art a donc assimilé la technologie. Et c'est ce qu'Hervé Fischer a voulu exposer à Images du futur '91.

Les rejets de ce mariage art-technologie, ce sont aussi bien l'imagerie médicale que le cinéma par ordinateur, en passant par les œuvres d'artistes allemands qui, dit-on, auraient matérialisé « l'interactivité de la lumière ». Ainsi, c'est dans la diversité des éléments présentés que réside la richesse de l'exposition. Des visiteurs aux goûts variés peuvent tous y satisfaire leur curiosité.

Les personnes qui cherchent simplement à se divertir seront, entre autres, fascinées par la série de films d'animation conçus par ordinateur. Celui du Massachusetts Institute of Technology (MIT) vaut d'ailleurs le détour à lui seul. Ce film très rythmé raconte en quelques minutes comment un bambin transformé en apprenti superhéros affronte un insecte géant venu de l'espace.

Le résultat est tout simplement hilarant. Dans un autre film informatisé, des publicitaires imaginatifs ont réussi à rendre très *sexy*... des boîtes de craquelins ! Sont aussi dignes de mention le film sur l'exploration du Triangle des Bermudes (où c'est le triangle géant d'un écolier qui cause les nombreux naufrages), ainsi que celui qui traite de la colonisation d'une planète par des plantes extraterrestres.

UN PAYS INVITÉ : L'ALLEMAGNE

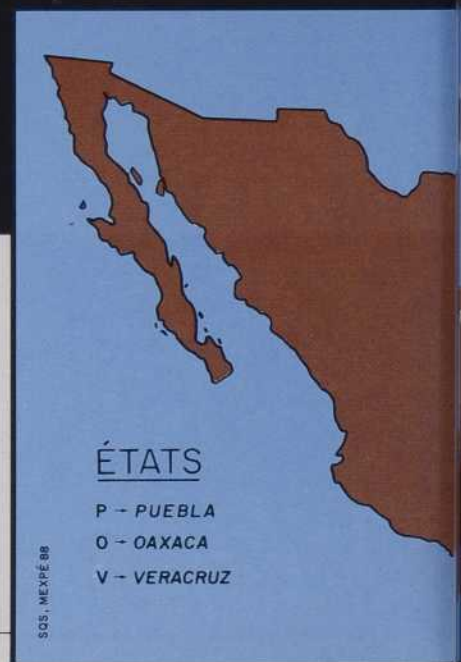
Les visiteurs aux intérêts peut-être plus intellectuels s'arrêteront longuement à la section consacrée à l'Allemagne. Dès l'entrée, ils apercevront *Le cube d'eau*, un montage où l'image vidéo de seaux disposés sur le sol est projetée contre un mur et forme un immense dé fictif. Images du futur '91 expose aussi des tableaux abstraits qui souvent se modifient lorsqu'on les touche, des hologrammes issus d'images télévisées, des sculptures où la technologie sert de matériau... Une évolution du portrait : lorsque la vidéo remplace la peinture, le visage représenté n'est plus statique et peut se métamorphoser sous nos yeux.

Le volet de l'imagerie médicale est plus « scientifique ». Non seulement on y montre comment les médecins explorent le corps par la résonance magnétique nucléaire, le scanner et les autres technologies, mais on y explique aussi le fonctionnement de chaque appareil. Cela plaira aux esprits cartésiens, pour qui voir sans comprendre n'est pas suffisant.

Il y a même un petit scandale dans cette section. On soutient que *La création d'Adam*, qui orne le plafond de la chapelle Sixtine, a été peint en totale transgression des règles de l'Église. Le nuage sur lequel Dieu est assis a en effet exactement la même forme qu'une tranche de cerveau humain. Avant de peindre ce tableau, Michel-Ange aurait donc disséqué une tête, ce qui était totalement interdit. Selon le médecin américain qui a fait cette découverte, cela change aussi l'interprétation du tableau. Dieu n'y ferait pas un don de vie à Adam, mais plutôt un don d'intelligence. Cette hérésie a même valu au médecin une lettre signée de la main du Pape... □



*Vingt-cinq spéléologues québécois se sont rendus
dans la Sierra Negra, au Mexique,
à la découverte de gouffres fantastiques.*



SIERRA NEGRA

L'ELDORADO DES SPÉLÉOLOGUES

par Jean Benoît NADEAU

Au nom de la science et du sport,
la Société québécoise de spéléologie parraine, depuis quatre ans,
des expéditions d'exploration souterraine au Mexique,
à la découverte de gouffres dignes de l'imagination de Jules Vernes.

Il fait grand jour, pas un nuage, et pourtant, sous le couvert de la jungle, nous sommes plongés dans la pénombre. Debout au bord d'un gouffre découvert la veille, je distingue un petit brouillard au fond du puits. Je le baptise spontanément le « puits des Brumes ». J'envoie la main à Jean-François Jobidon, mon partenaire, qui attend son tour pour descendre. J'ajuste mes sangles, mon casque, et me suspends dans le vide. Le tronc d'une fougère géante, 50 cm de diamètre, me sert de point d'arrimage. Au-dessous, l'inconnu.

Jean-François et moi faisons partie d'une expédition, composée de 25 membres, explorant la Sierra Negra, massif montagneux situé à 300 km au sud-est de Mexico. Nous campons dans un champ près de la commune de Tepepa, hameau d'environ 500 habitants nahuatl, d'ascendance aztèque. Depuis quatre ans, les Québécois y retournent chaque année en décembre et janvier. Les résultats de leurs explorations impressionnent. En tout, ils ont parcouru plus de 50 km de galeries, découvert deux rivières souterraines, battu un record du monde dans un puits souterrain de 329 mètres et sont descendus à 800 m de profondeur dans un réseau faisant jusqu'à 7 km de longueur. « Pour chaque kilomètre carré de terrain, on peut compter de 10 à 100 km de galeries », affirme Steve Worthington, hydrogéologue de l'Université McMaster, qui a accompagné l'expédition à trois reprises.

MEXIQUE



0 500 km

Sierra
Negra

Marc Tremblay

LE SIXIÈME SENS DU « SPÉLÉO »

Le puits des Brumes fut découvert le jour de Noël 1990. Nous étions partis, Jean-François et moi, avec l'intention d'explorer une cuvette indiquée sur la carte. En chemin, nous avons rencontré Celedonio, un jeune garçon qui nous a montré quatre entrées prometteuses, dont le puits des Brumes. Après avoir pris congé de Celedonio, nous nous sommes rendus à la cuvette. Nous nous sommes frayé un passage à la machette dans la végétation dense, pour ne trouver que des trous obstrués. « La spéléologie est une discipline sportive et scientifique, mais avant tout exploratoire », explique Michel Labrie, directeur technique de la Société québécoise de spéléologie et membre de l'expédition.

Les trous sont nombreux dans la Sierra Negra. « Il n'y a qu'à marcher en ligne droite pour rencontrer une formation calcaire », affirme Roger Gagnon, autre membre de l'expédition. Certaines ouvertures ont également été découvertes à partir de déductions et d'intuitions. Ainsi, voulant savoir où se rendait le ruisseau où nous nous approvisionnions en eau potable, Daniel Caron a découvert que celui-ci se jetait dans une grotte prometteuse, qu'il a explorée sur un kilomètre. « Et ça continue ! », annonce-t-il fièrement.

Pour mettre de l'ordre dans leurs découvertes, soit plus d'une centaine d'ouvertures de toutes tailles, les spéléologues ont élaboré un système complexe de numérotation, qui tient compte du secteur où se trouve l'entrée. Le puits des Brumes porte le code EH-14. Celui de Daniel Caron porte le nom aride de CT1-6, en attendant le jour où il sera rebaptisé par un spéléologue à l'âme poétique. La toponymie reste un sujet complexe, car les habitants de ces régions nomment rarement les trous. Qu'on ne s'étonne donc pas que certaines cavernes soient tout simplement désignées selon leur numérotation, même les plus impressionnantes, comme TP4-13, qui fait près de 7 km de longueur !

Cependant, la végétation rend l'exploration difficile. La jungle masque presque toutes les entrées. Le puits des

Brumes, qui fait 70 m de profondeur et une vingtaine de mètres de largeur, est presque complètement dissimulé sous les longues branches des cécopias et des fougères arborescentes. Sans l'aide de notre guide, il aurait sans doute fallu plusieurs années avant que l'un de nous ne s'aventure de ce côté. Toute cette verdure comporte malgré tout un avantage. « Les cavernes sont créées par la dissolution du calcaire et par l'érosion, explique Michel Labrie. L'eau qui percole à travers la végétation crée de l'acide carbonique, laquelle favorise la dissolution du calcaire. »

Pour compliquer encore les choses, les cartes de la sierra, quand elles existent, sont peu fiables. La Sierra Negra, accessible seulement par des sentiers de mulets, est tellement mal connue que les cartographes mexicains ont interverti le nom de certains hameaux sur les cartes topographiques. Une part importante du travail des spéléologues consiste à repérer et à tracer des sentiers sur les cartes.

Tout aussi imprécises qu'elles soient, ces cartes ont quand même permis à Marc Tremblay, ingénieur-géologue, de vérifier le potentiel cavernicole de la région et d'organiser la première expédition québécoise, à Noël 1987. M. Tremblay avait observé des dépressions gigantesques, les dolines, visibles sur les cartes. Ces dolines sont typiques des régions à forte assise de calcaire. Elles ont la forme d'un entonnoir et indiquent une dissolution importante du terrain. Autre caractéristique : la Sierra Negra est arrosée de pluies diluviennes atteignant 2 à 4 m par année, venues du golfe du Mexique, situé à seulement 60 km. De telles précipitations favorisent la formation de cavernes.

QUE LA LUMIÈRE SOIT !

Jean-François vient me rejoindre au fond du puits des Brumes. Nous avons allumé nos lampes à acétylène, car il y règne une pénombre bleutée. Les parois verticales suintent et sont recouvertes de mousse verte. Nos pieds s'enfoncent dans un monceau de débris organiques, où pourrit le tronc d'un immense cécopia. Je vois une ouverture. Je passe la tête : j'entends



l'eau. Nous descendons. Contrairement aux clichés véhiculés par de nombreux films, l'air sous terre est pur. Il n'y a que dans les régions volcaniques qu'il faut se méfier. Rares sont les grottes, comme celle de Lechuguilla, au Nouveau-Mexique, qui furent creusées par des infiltrations d'acide sulphurique gazeux.

Les 200 premiers mètres de la caverne des Brumes se font en marchant dans la globulite, genre de concrétion calcaire ressemblant à du maïs éclaté. Elle couvre le moindre recoin de la caverne, indiquant de forts courants d'air. Dans les grandes cavernes, l'air souffle toujours, soit vers l'intérieur soit vers l'extérieur, selon la différence de pression barométrique. Le phénomène a d'ailleurs inspiré le nom d'une caverne de la Sierra Negra, Ehecattl, qui signifie en nahuatl Trou-qui-souffle. Les cavernes de cette région ont de quoi souffler : elles sont gigantesques. Dans la grotte de la Ciudad, découverte en 1989, Louise Potvin s'est un jour égarée dans une salle faisant plus

Daniel Caron et Michel Cadieux entament la descente d'un gouffre qu'ils ont découvert sur une crête à 2 200 mètres d'altitude. La symphonie des concrétions calcaires émerveille. Si le plafond est en pente, cela donne des draperies calcaires, une formation souvent translucide.



de 150 m de diamètre : elle ne parvenait pas à retrouver le boyau par où elle était venue.

Jean-François et moi avançons dans l'inconnu, sans savoir où cela s'arrêtera. Il faudra plusieurs sorties et la coopération d'une dizaine de spéléologues pour avancer de 4 km jusqu'à une profondeur de 400 m. Les spéléos québécois, habitués aux petits boyaux glaiseux de la belle province, sont enchantés par les grands gouffres de la Sierra Negra, telles la Ciudad ou les Brumes, qui occupent à elles seules le même volume que toutes les cavernes connues du Québec.

En fait, le Mexique est le paradis de la spéléologie : on y retrouve le gouffre le plus profond du monde,

El Barrio, 410 m de grand vide et le système de Huautla, qui fait 1 353 m de profondeur et talonne de près le record du monde, c'est-à-dire le gouffre Jean-Bernard, un réseau de grottes françaises d'une profondeur de 1 602 m. Les Québécois concentrent leurs efforts sur la Sierra Negra, dans le but avoué de s'illustrer dans le monde de la spéléologie. « Le sommet de la Sierra fait 3 200 m et nous savons qu'il y a des trous jusqu'à une altitude d'au moins 2 200 m. Cela nous donne un dénivelé potentiel qui nous permettra sûrement de découvrir un 1 000 m, ce qui serait une première québécoise », explique Michel Labrie, qui fut l'un des plus ardents explorateurs du puits des Brumes. « Tous les espoirs sont permis. »

... ET LA LUMIÈRE FUT

Afin de tracer une carte de la caverne, nous avançons en déroulant un petit fil blanc biodégradable. Il faut mesurer la longueur, l'orientation et la pente de chaque segment. L'opération est particulièrement inconfortable dans les espaces étroits et tordus. De retour au camp, après 12 heures d'exploration, quelques calculatrices programmables nous attendent pour traiter l'information recueillie. Certains spéléos, afin de mieux comprendre l'écoulement de l'eau et de pouvoir tracer des cartes plus complètes d'une caverne, ont parfois recours à des colorants non toxiques, comme la rodamine, qui permettent d'établir le lien entre certains affluents et effluents.

Pour son doctorat en hydrogéologie à l'Université McMaster, Steve Worthington utilise certaines données recueillies dans la sierra pour bâtir des modèles permettant de prévoir l'écoulement souterrain. « L'interprétation traditionnelle est que les cavernes se forment au hasard. Je suis convaincu que leur cours est prévisible selon certains facteurs, comme le pendage ou les couches géologiques. » Steve Worthington pense pouvoir appliquer ses résultats à d'autres zones de calcaire, comme Love Canal ou Hagersville, où l'écoulement des eaux chargées de produits toxiques provoque la contamination des sources d'eau potable.

Il faut de temps en temps mettre de côté les instruments de mesure et installer une corde afin de franchir un puits souterrain. Les spéléologues ont mis au point des techniques qui facilitent considérablement l'exploration. Il est fini le temps des treuils et des palans utilisés lors des héroïques descentes d'Édouard Martel, le père de la spéléologie moderne. La corde simple a remplacé la lourde échelle. Des pinces et mâchoires ont remplacé les barreaux et les treuils. Dans un sac à l'épreuve des frottements, le spéléo transporte sa réserve de cordes, de coinçeurs, de sangles et de carburant, parfois ce qu'il faut pour dormir s'il prévoit rester plus d'une journée sous terre – ce qui fut rarement nécessaire dans la Sierra Negra.

À mesure que nous progressons, je suis ébahi par la beauté de la caverne. On voit, ici une colonne en rosaces, là un stalagmite fistuleux. Ces concrétions sont formées par le travail de milliers de gouttelettes, qui déposent chacune une minuscule quantité de calcaire. Il faut compter en moyenne une cinquantaine d'années pour chaque centimètre de concrétion, et les formes qu'elles prennent dépendent du mouvement de l'air, de la pression, de la concentration ou de l'intensité du ruissellement. « Ces dépôts se produisent par l'évaporation d'une faible quantité d'eau et du gaz carbonique contenu dans cette eau, ce qui change l'équilibre de la solution de calcium », explique Michel Labrie.

La symphonie des stalagmites ne doit pas faire oublier certaines règles de prudence. L'hypothermie, la chute de pierres ou la fatigue peuvent entraîner des accidents graves. « Je touche du bois. En quatre années d'expéditions, nous n'avons rien eu », commente Michel Labrie. Facteur de risque particulièrement élevé au Mexique sont les crues provoquées par les pluies tropicales. En effet, les cavernes ne sont ni plus ni moins que des rivières souterraines. Cette année, Louise Potvin et Brigitte Delhoumeau sont restées bloquées 20 heures dans le puits des Brumes, alors qu'une violente averse avait déversé plus de 100 mm de pluie en moins de deux heures. Heureusement que c'était la saison sèche !

GRINGOLOGIE

Mais pour les spéléos, les ennuis viennent le plus souvent de la surface. En effet, les paysans mexicains sont particulièrement méfiants à l'égard de ces gringos qui débarquent sans prévenir, pour faire on ne sait quoi. Les spéléos américains ont été l'objet de menaces de mort en plusieurs occasions. À Huautla, près de la Sierra Negra, quelqu'un coupa leurs cordes. Les membres d'une expédition britannique ont même eu des démêlés avec la police, parce que la population prétendait qu'ils avaient volé la Grenouille d'or, objet légendaire du folklore mexicain ! Les Québécois, eux aussi, n'ont pas échappé à la

méfiance : les habitants du village de La Cumbre, où ils ont fait leurs premières explorations en 1987, leur ont interdit de revenir. Chaque année, quand ils redescendent de la Sierra, les membres de l'expédition québécoise se font fouiller par les autorités locales. Un gringo reste un gringo.

« Même si cela paraît une perte de temps, il faut prendre une ou deux journées pour bien expliquer aux gens ce qu'on fait là », explique Ramón Espinoza, président de la Société mexicaine pour l'exploration souterraine, qui a accompagné l'expédition québécoise. Il ne faut pas ménager les cadeaux de vêtements et de contenants en verre, très en demande chez les

LA FAUNE CAVERNICOLE



Le biologiste Pascal Samson s'est intéressé cette année à la riche faune cavernicole mexicaine. En moins d'un mois, il a collecté plus de 40 espèces d'insectes, d'araignées et de crustacés. Deux sauterelles recueillies sous terre montrent des différences d'adaptation très marquées. « L'une d'elles est pâle, aveugle, avec de longues pattes et des antennes pour tater son chemin. Mettez-la au soleil et elle mourra. » De quoi vivent ces animaux ? De débris charriés par l'eau ou d'excréments de chauves-souris. « Essentiellement d'apports extérieurs. »

La biospéléologie demeure une science peu connue. Bien que les Français aient une longueur d'avance, l'Université de Mexico, forte du riche patrimoine biologique du Mexique, est en train de devenir chef de file. Le biologiste Luiz Espinoza, qui accompagnait l'expédition, prépare actuellement son doctorat sur les thysanoures, type d'insecte non ailé, dont on retrouve certaines espèces jusqu'à 600 m sous terre. « Ceux de la Sierra Negra sont énormes, au moins 4 cm, explique-t-il. Je cherche à savoir s'il s'agit d'une nouvelle espèce. »

habitants démunis. Cette année, nous avons même participé à la corvée du village de Tepepa : transporter des pierres pour la construction d'une salle communautaire.

Michel Labrie croit que la Sierra Negra comporte assez de puits et de galeries pour occuper les membres de la Société québécoise de spéléologie pendant encore vingt ans. « Les cavernes sont la face cachée de la terre, le seul endroit où l'œil du satellite n'ira jamais », affirme Michel Labrie. On manque encore trop d'information pour même rêver de comprendre la géologie de ce massif. Pascal Samson se promet d'y retourner dans les années à venir : « Tout est à connaître. »



L'ARTHRITE RHUMATOÏDE, ENNEMI JEUNE ET TENACE

par GUY PAQUIN

Entre une découverte archéologique et une enquête médicale subsiste une des grandes énigmes de l'histoire des maladies.

En attendant de démasquer l'agent externe responsable de l'arthrite rhumatoïde, on doit se contenter de demi-solutions.

L'église St. Bride, au cœur de Londres, est sans doute une des plus anciennes de tout le Royaume-Uni et l'une de celles qui ont été le plus souvent détruites. Construite au sixième siècle, elle fut restaurée au neuvième, rebâtie au douzième, saccagée pendant la guerre des Deux-Roses et détruite par le grand incendie de 1665. Comme si cela ne suffisait pas, la Luftwaffe l'a rasée en 1940.

C'est en fouillant les décombres de cette église qu'on a fait une découverte capitale sur l'arthrite rhumatoïde. Une crypte, en effet, contenait des milliers de squelettes, des hommes et des femmes

ayant vécu entre le Moyen Âge et 1850. Chose étonnante, alors que beaucoup d'os portaient les stigmates du rhumatisme ordinaire et de la goutte, pas un seul ne montrait de traces de l'arthrite rhumatoïde. Cette trouvaille venait confirmer ce que l'on supposait déjà : l'arthrite rhumatoïde est une maladie récente, apparue au milieu du 19^e siècle et si répandue aujourd'hui (200 000 Canadiens en souffrent) qu'on en parle quelquefois comme d'une épidémie.

Si la maladie est apparue récemment, on peut supposer que son vecteur est également contemporain. Cela suggère l'idée d'un virus apparu il y a peu de temps ou d'un facteur irritant survenu avec l'industrialisation. Mais voilà, alors qu'on commence à percer les mystères de la prédisposition héréditaire à l'arthrite rhumatoïde, à révéler les arcanes du processus de frénésie immunitaire qui cause les terribles déformations des membres, on reste dans le noir concernant l'agent extérieur déclencheur.

Il y a, bien sûr, quelques suspects : le virus d'Epstein-Barr, le parvovirus B 19 et quelques mycobactéries. Mais on n'a pas de preuves, pas de pièces à conviction, rien qui permette de citer à procès scientifique le coupable. On parle même de toute une classe d'agents irritants capables de mettre, conjointement ou tout seuls, le feu aux poudres.

Quel qu'il soit, cet antigène, ou cette classe d'antigènes, quand il envahit l'organisme, suscite une réaction immunitaire que plus rien ne vient arrêter. Partie de l'intérieur des articulations mobiles, des membranes synoviales plus précisément, cette réaction va liquider l'antigène, puis, se tournant contre les tissus sains de l'articulation, gruger les tendons, les cartilages et les os.

Récemment, un réseau de chercheurs canadiens crut tenir une parade efficace contre les débordements immunitaires de l'arthrite rhumatoïde. Ils administrèrent régulièrement, à très petites doses, à des patients douloureusement atteints par la maladie, le médicament dont on

se sert pour neutraliser le phénomène de rejet lors d'une greffe, la cyclosporine.

La cyclosporine, mise au point et commercialisée par les laboratoires Sandoz, bloque la production des lymphocytes T, essentiels dans beaucoup de réactions immunitaires. Pendant six mois, on a donc administré, dans six centres canadiens, de la cyclosporine aux malades. Les résultats sont mitigés.

« Nous sommes en présence de rémissions partielles ou totales, mais jamais de guérisons, déplore le

Normalement, en présence d'un antigène, les patrouilleurs donnent l'alarme. Dans le cas des membranes synoviales, ce sont certaines cellules macrophages qui s'en chargent. Elles reconnaissent l'envahisseur, l'ingèrent et présentent ses composants aux lymphocytes T pour interrogatoire.

Le lymphocyte T, dès qu'il a acquis la certitude d'avoir affaire à un ennemi, charge les lymphocytes B de la réplique. Ceux-ci sécrètent les anticorps qui doivent mettre l'antigène hors de combat. Ainsi armés, les lymphocytes B passent à l'attaque.



Dr Simon Carette, rhumatologue et professeur agrégé à l'Université Laval. Voilà pourquoi je suis déçu. Dès que nous cessons la médication, l'anarchie auto-immunitaire reprend là où elle avait laissé et nos patients vivent une pénible rechute. »

Donc, à la suspension de la médication, les lymphocytes T réapparaissent, et la rébellion du système immunitaire contre les articulations, ayant retrouvé ses généraux, reprend de plus belle.

Près de quatre millions de Canadiens sont atteints d'arthrite. De ce nombre, 200 000 souffrent d'arthrite rhumatoïde. À un stade avancé, cette dernière entraîne des déformations majeures des articulations.

Encore faut-il qu'ils ne succombent pas sous le nombre. Afin de lever les troupes en quantités suffisantes, de les mener rapidement sur les lieux d'intervention, notre organisme produit un

réseau sanguin neuf, qui envahit l'intérieur de l'articulation, tandis que se mettent à proliférer les cellules combattantes. Pour maintenir le rythme de production des cellules guerrières, les lymphocytes T produisent des cytokines, protéines qui accélèrent encore le processus.

Comment stopper tout ce branle-bas de combat ? En principe, l'ennemi vaincu, les macrophages cesseront de la reconnaître et d'amorcer la chaîne de réactions lymphocytes T-lymphocytes B-cytokines. Sauf chez les personnes souffrant d'une prédisposition héréditaire à l'arthrite rhumatoïde.

« Ces personnes, explique la Dre Claire Bombardier, spécialiste de l'arthrite rhumatoïde et directrice de recherche à l'Université de Toronto, n'arrivent pas à endiguer la réaction immunitaire. Leur première ligne de défense, celle des macrophages et de leurs alliés, dépend d'un gène encodé de façon légèrement différente de celui d'autres personnes.

« En fait, la section du sixième chromosome, qui porte les gènes responsables du complexe macrophage, est sujette à beaucoup de variantes. L'une de ces variantes, dite HLA DR4, est très fréquente chez les personnes souffrant d'arthrite rhumatoïde. On connaît au moins deux formes d'HLA DR4 produisant des macrophages qui, une fois le danger passé, ne se remettent jamais à *off*. »

Si, dans la série de codons formant HLA DR, sur le sixième chromosome, on trouve à un endroit donné la séquence de codons glutamine-leucine/arginine-arginine-alanine-alanine, on a affaire à la variante produisant les macrophages hyperactifs. Ils continueront de sonner l'alerte même une fois l'ennemi détruit. Les conséquences sont catastrophiques.

Il y aura, en plus de la production de liquides inflammatoires en quantité désastreuse, épaississement de la membrane synoviale. Stimulée par les cytokines et surtout l'interleukine 2, l'unique couche de cellules de la membrane va proliférer jusqu'à ce que 15 épaisseurs cellulaires fassent pression à l'intérieur de l'articulation.

L'immuno-suppresseur de chez Sandoz, la cyclosporine, stoppe cet emballement immunitaire en inhibant un des maillons de la chaîne, le lymphocyte T. En son absence, plus personne ne reçoit les signaux de panique du complexe macrophage. Les raideurs, douleurs et enflures s'amenuisent et la personne retrouve de la mobilité... tant qu'elle prend de la cyclosporine.

Puisque l'on ne peut échapper à la loterie héréditaire, qui fait que de temps à autre sortent des numéros perdants, comme le gène HLA DR4, il faut donc continuer la recherche sur les agents irritants externes provoquant l'arthrite rhumatoïde. Il faut également que la recherche sur les mécanismes immunitaires nous renseigne sur les moyens d'inhiber le signal d'alarme lancé par les phages et leurs associés. Et peut-être que la science historique parviendra à identifier une substance, ou un groupe de substances, inconnue des morts inhumés à St. Bride, mais au contact de laquelle nous sommes régulièrement soumis. ☐

GAGNEZ UN SÉJOUR

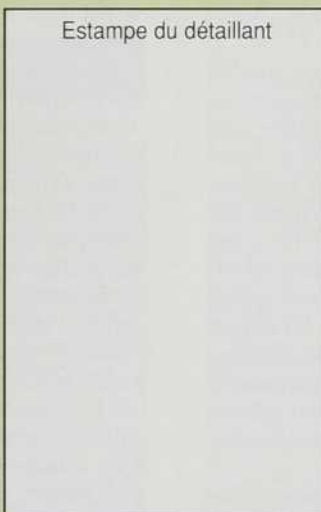
de 3 jours et 2 nuits pour deux personnes
à l'hôtel Tadoussac
et une croisière d'observation
des baleines.

Si vous avez acheté ce magazine chez un détaillant, remplissez le coupon ci-dessous, puis découpez et remettez-lui cette annonce complète (les fac-similés ne sont pas acceptés). Vous courrez ainsi la chance de gagner une fin de semaine pour deux à l'hôtel Tadoussac au cours de laquelle vous aurez l'occasion d'aller observer les baleines à l'embouchure du Saguenay.

Sauvez un béluga !

La vente de ce numéro de *Québec Science* et votre participation à ce concours rendront possible l'adoption d'un béluga par les agents distributeurs de *Québec Science*, en collaboration avec les Messageries Dynamiques. Vous pourrez constater à chaque numéro de *Québec Science*, sur la silhouette ci-dessous, la progression des résultats visant le sauvetage de ce béluga.

Estampe du détaillant



Remettez cette annonce
au détaillant qui vous a vendu
ce numéro de *Québec Science*

Nom _____

Adresse _____

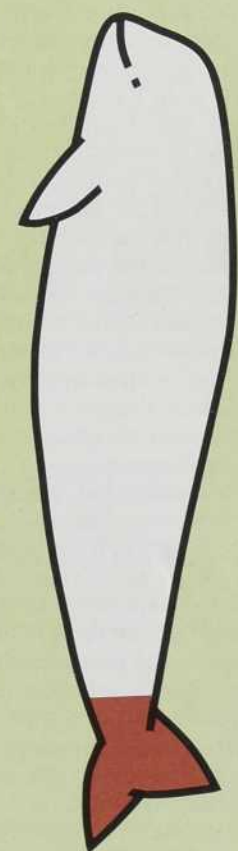
Ville _____

Code postal _____

Tél. () _____

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

Route



Les marées rouges

par Raynald PEPIN

À l'époque du maccarthysme, un tel titre aurait sûrement coiffé un pamphlet contre le communisme. Mais les temps changent, et les marées rouges dont il sera question ici sont les mouvements d'ensemble du sang, comme ceux qu'entraînent une accélération, le froid ou l'excitation...

Nos corps sont soumis à des accélérations plus ou moins élevées dans de nombreuses situations : lors d'un démarrage ou d'un freinage en auto ou dans un ascenseur, dans un manège en rotation, durant la marche ou la course, etc. L'accélération peut être dans le sens du mouvement, perpendiculaire au déplacement ou dans n'importe quelle direction intermédiaire. Comme le sang est mobile à l'intérieur du corps, il ne subit pas toujours la même accélération initiale que le reste de l'organisme et peut ainsi s'accumuler dans certaines régions.

On exprime l'accélération en nombre de g, g étant l'accélération d'un corps en chute libre. L'accélération d'une auto ordinaire ne dépasse guère 1/4 g ; celle d'un dragster, par contre, peut atteindre près de 3 g. Pour un avion commercial, l'accélération vaut en moyenne 1/6 g lors du décollage. Les pieds d'un coureur subissent, en prenant contact avec le sol, des décélérations de presque 3 g durant de brefs instants. À l'intention des coureurs qui veulent apprendre à mieux amortir leurs foulées, il se vend d'ailleurs de petits appareils qui mesurent ces accélérations d'impact.

C'est surtout lors de changements de direction qu'on peut subir des accélérations élevées. Et c'est là tout le plaisir des manèges qui tournent : dans les plus dingues d'entre eux, l'accélération dirigée vers l'axe de rotation (dite accélération centripète) peut atteindre 2 à 3 g, ce qui est suffisant pour nous faire éprouver quelques sensations fortes. De façon semblable, une personne pilotant un avion de chasse peut être soumise à des accélérations allant jusqu'à 7 g durant un virage ou une manœuvre brusques.

Ces accélérations ont un impact sur la circulation du sang, surtout quand elles s'exercent dans l'axe longitudinal du corps. Si la tête est dirigée vers l'axe de



rotation et que les pieds s'en éloignent, le sang reflue dans les jambes, les vaisseaux des membres inférieurs se distendent et moins de sang retourne au cœur. « Il se produit alors, explique Jacques Billette, physiologiste de l'Université de Montréal, une certaine chute de tension artérielle. Le cerveau reçoit moins de sang, ce qui provoque un étourdissement. Dans un avion de chasse, l'accélération est assez élevée pour mener à une perte de connaissance. » Un étourdissement peut aussi être causé par les influx nerveux de l'appareil vestibulaire de l'oreille interne, qui détecte les mouvements et l'accélération de la tête.

Les pilotes de chasse disposent de diverses méthodes pour limiter les dégâts. « Ils peuvent contracter les muscles des jambes pour y limiter l'afflux de sang, explique Rémi Coulombe, médecin militaire à Bagotville, où sont basés les fameux CF-18. Mieux encore, les pilotes portent une combinaison antigravité, qui répond automatiquement aux mouvements de l'avion, si nécessaire, en se gonflant et en comprimant les membres inférieurs et le bas de l'abdomen. Les pilotes apprennent également diverses techniques, comme augmenter leur pression intrathoracique, ce qui aide à garder le sang dans la partie supérieure du corps. » L'aviation canadienne dispose d'ailleurs d'une centrifugeuse pour entraîner ses pilotes à bien résister aux accélérations !

Si le mouvement est tel que le sang afflue dans le cerveau, la situation est différente. Pour de grandes accélérations, la vision peut être perturbée, ou il peut se produire des micro-hémorragies dans le cerveau. Heureusement, il existe des techniques de pilotage pour limiter ces effets. Par exemple, selon Rémi Picard, capitaine à Bagotville, un pilote retourne son avion sur le dos avant d'amorcer un piqué. Le sang reflue alors dans les jambes plutôt que dans la tête.

Sur Terre, la pesanteur fait affluer le sang dans la partie inférieure du corps, et la tension artérielle est plus grande dans les jambes que dans la tête. En état d'apesanteur, comme dans la navette spatiale, le sang se répartit plus également dans l'organisme : près de deux litres de sang quittent la partie inférieure du corps pour aller dans la partie supérieure. C'est pourquoi, chez les astronautes en orbite, le visage et le cou sont légèrement gonflés. Lors du retour sur Terre, le sang afflue de nouveau dans les jambes. Pour aider les jambes à se réadapter à la pression plus élevée, on revêt souvent les astronautes d'une combinaison antigravité.

La circulation sanguine est aussi influencée à grande échelle par le froid. On a froid plus facilement aux pieds et aux mains qu'au torse ou au ventre, parce que notre corps a développé des mécanismes de régulation pour éviter que la température des organes essentiels, comme le cœur, le foie et le cer-

veau, baisse au point de les empêcher de bien fonctionner. Lors d'une exposition au froid, les vaisseaux sanguins se contractent, dans les extrémités, où la circulation du sang diminue afin de limiter les pertes de chaleur. La peau apparaît blanche aux endroits exposés.

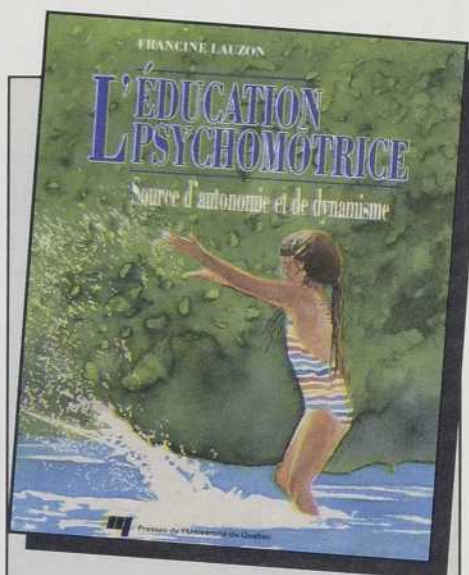
L'inconvénient est qu'avec un apport de sang réduit, les pieds, les mains ou les oreilles se refroidissent encore plus vite. Les cellules nerveuses et musculaires fonctionnent moins bien et il devient difficile de bouger les pieds et les mains (les oreilles aussi). Si l'exposition au froid continue, les cellules et les vaisseaux sanguins éclatent, prélude à une enflure (au mieux) ou à la gangrène, si la situation persiste et qu'une section du membre reste longtemps sans être irriguée par le sang.

La situation contraire peut également se produire. Quand nous avons chaud, comme lors d'un exercice physique assez intense ou en prenant un bain brûlant, un des moyens utilisés par l'organisme pour évacuer la chaleur est la dilatation des vaisseaux périphériques et l'augmentation du flux sanguin près de la peau. La personne ainsi « climatisée » devient

rouge. Cette dilatation des vaisseaux sanguins peut aussi être provoquée par l'absorption d'alcool. Jacques Gélinas, un lecteur de *Québec Science*, m'a signalé que les coloniaux qui travaillaient sous les tropiques connaissaient cet effet rafraîchissant de l'alcool ; certains abusaient de l'agréable remède, au point d'en avoir à demeure le visage rubicond.

On peut aussi rougir sans faire d'exercice ! Il suffit qu'en réponse à un stress ou en prévision d'une action imminente, le système nerveux autonome commande (surtout en réduisant la quantité de vaso-constricteurs comme la noradrénaline) aux vaisseaux périphériques de se dilater et au cœur de pomper davantage. Cette réaction involontaire affecte principalement le visage, le cou et la poitrine. Le rougissement présente-t-il un avantage biologique ? Dans certains cas, il constitue un signal sexuel, mais il n'est certainement pas aussi utile quand on a fait une gaffe ou qu'on reçoit un compliment. Le rougissement ne serait alors qu'une réaction secondaire liée à une émotion qu'on tente de dissimuler.

L'ÉDUCATION DE L'ENFANT, SON DÉVELOPPEMENT ET SON PLEIN ÉPANOUISSEMENT DE 0 À 12 ANS



L'ÉDUCATION PSYCHOMOTRICE

Par Francine Lauzon

1990, 314 pages, ISBN 2-7605-0597-9

26,75 \$

Comment concilier la spontanéité des gestes, l'exploration anarchique et les joies de l'expression libre avec les contraintes qu'imposent les nécessaires apprentissages de la vie en société ?

Climat affectif, environnement éducatif approprié, apprentissage de l'autonomie corporelle, socialisation, équilibre affectif, respect du rythme de l'enfant et de ses particularités individuelles. Abondamment illustré.

EN VENTE CHEZ VOTRE LIBRAIRE

ou chez l'éditeur au (418) 657-3551, service à la clientèle. Vous pouvez aussi indiquer le nombre d'exemplaires désiré dans la case placée à côté du prix, et expédier cette annonce avec votre paiement aux :

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

Nom _____

Adresse _____

Code postal _____

Tél. () _____

☐ Chèque

☐ Mandat postal

☐ Visa

☐ MasterCard

Date d'exp. _____

Numéro _____

Signature _____

P-134-B

CONCOURS • CONCOURS • CONCOURS



LES INSTRUMENTS À VENT

Perchés sur un clocher d'église, le faite d'une grange ou le pignon d'une maison, les girouettes pointent leur nez dans la direction d'où vient le vent. Par quel mécanisme, ou quel principe, s'alignent-elles ainsi le nez au vent ?

La personne gagnante du numéro d'été 1991 est :

M. An Tang
2931, Jean-Talon Ouest
Montréal (Québec)
H3R 3L4

Pour sa réponse à la question « Descendre au frais », cette personne recevra un exemplaire de l'ouvrage *Une passion : la science*, de Claire Chabot, gracieuseté des Éditions Multi-Mondes (une valeur de 19,95 \$).

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

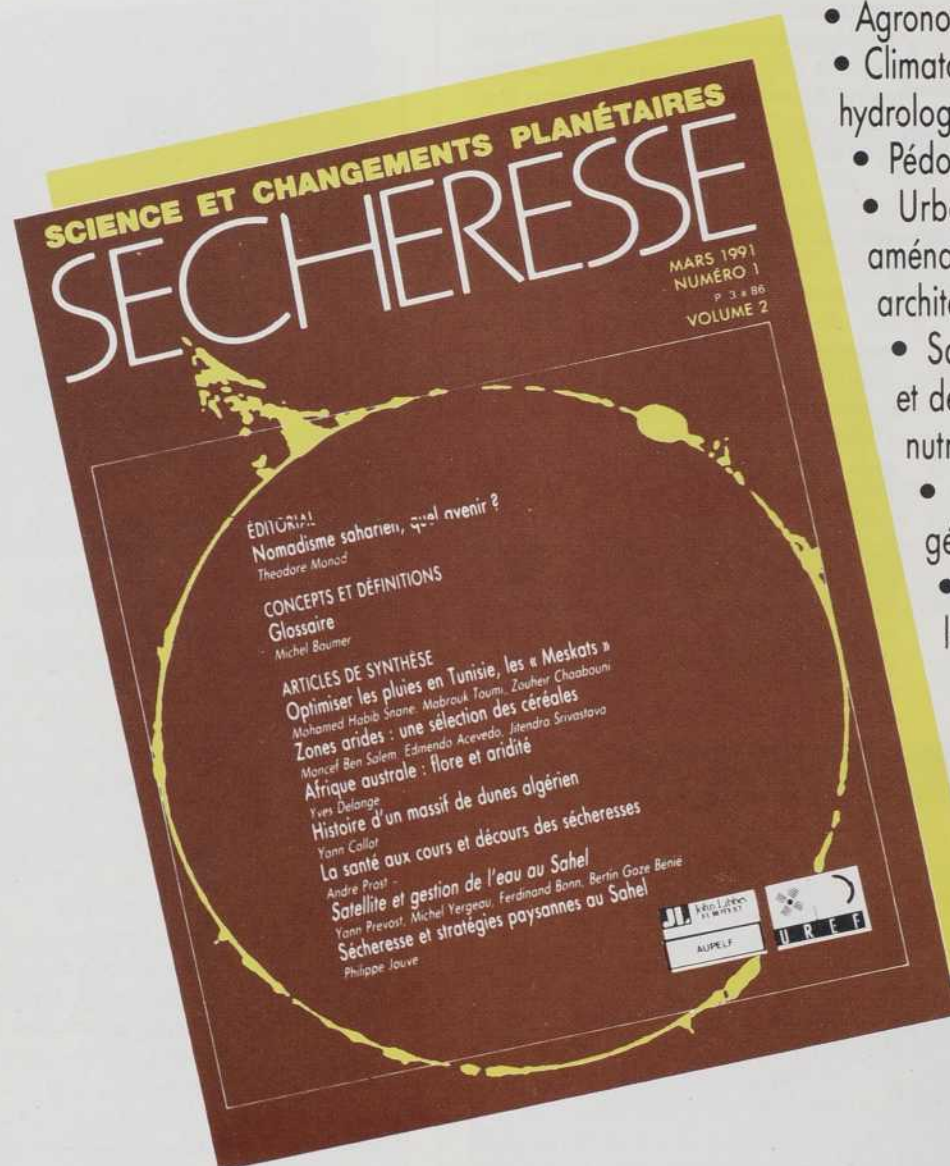
RÉPONSE À LA QUESTION DU NUMÉRO D'ÉTÉ

Q. Pourquoi fait-il plus frais dans un sous-sol ?

R. Il fait plus frais à la cave simplement parce que la température du sol reste plus basse que celle de l'air. À quelques mètres sous la surface, la température du sol varie peu et ne dépasse guère 20 °C ; cette condition suffit à garder l'air frais dans le sous-sol d'une maison.

GLOBALLEMENT

TOUTES LES SCIENCES



- Agronomie, élevage, écologie
- Climatologie, météorologie, hydrologie, géographie
- Pédologie, géologie
- Urbanisme, aménagement du territoire, architecture rurale
- Santé de l'homme et de l'animal, nutrition
- Biologie, génie génétique
- Sciences de l'ingénieur
- Education, communication
- Droit international

(4 numéros/an)



Bulletin d'abonnement

Veuillez m'abonner au tarif :

☐ Particulier (US\$ 75)

☐ Institution (US\$ 130)

☐ Etudiant (US\$ 55)

Je joins un chèque à l'ordre de : John Libbey Eurotext, Sécheresse

Nom

Fonction

Adresse

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

L'AIL, CE MYSTÉRIEUX LÉGUME

L'ail est composé d'environ 200 substances, dont des protéines, du potassium et les vitamines B1, B2 et C. Ce légume, vieux de 4 000 ans, possède de nombreuses propriétés médicinales. C'est un expectorant, un diurétique et un bactéricide. Le sulfure d'allyle qu'il contient en fait un antiseptique et un désinfectant. Une autre substance lui permettrait d'éclaircir le sang. Aux États-Unis, des chercheurs du centre d'étude sur le cancer M. D. Anderson, de Houston, ont observé que cette plante miracle peut même annuler l'action de certains agents cancérigènes. Ce légume à l'arôme dévastateur n'a pas fini de révéler ses secrets !



UNE CANNE ANTIVOL

En 1989, la région de Montréal venait au premier rang au Canada pour le nombre de voitures volées : 16 203 ! Ce chiffre pourrait toutefois diminuer avec l'arrivée d'un nouveau dispositif antivol sur le marché canadien. De conception américaine, le Club est une canne que l'on verrouille au volant en quelques secondes. De couleur rouge, cet accessoire empêche le volant de tourner puisque ses extrémités se heurtent soit au pare-brise, soit à un des piliers du véhicule. Si la complexité des systèmes électroniques antivols vous rebute...

TOUT ÇA POUR DES CACAHUËTES

Une guerre au Mozambique, des centaines de milliers de réfugiés au Malawi voisin, de mauvaises conditions sanitaires, une pénurie alimentaire, voilà les parfaits ingrédients pour l'apparition d'épidémies. Parmi celles-ci, la pellagre, maladie causée par une carence en niacine, et dont les symptômes sont des taches brunes sur la peau, des troubles psychiques graves et d'importantes diarrhées. Il suffit de prendre de la niacine pour en guérir. Pour les populations concernées, la principale source de niacine est la cacahuète, laquelle a mystérieusement cessé d'être disponible. Hélas ! toute autre solution rapide coûte bien plus que les... cacahuètes.

LE PÈRE DU POLAROÏD N'EST PLUS

Edwin Land, inventeur de la photographie prête en 60 secondes, est mort au mois de mars dernier à l'âge de 81 ans. Prolifique, cet Américain a déposé 500 brevets d'inventions au cours de sa vie. Parmi elles, mentionnons les clichés rayons X instantanés et un projecteur tridimensionnel. La mise au point de son premier appareil à photographie instantanée remonte à 1947. L'idée lui en serait venue après avoir photographié sa fille de trois ans. Celle-ci lui avait alors demandé pourquoi elle ne pouvait pas voir tout de suite le résultat du cliché. Une question qui a fait du chemin !

APHRODISIAQUE INDÉSIRABLE

Existe-t-il un lien entre les cuisses de grenouilles et une érection ? La question paraît grivoise, mais elle intéresse certains chercheurs qui se penchent sur des cas historiques de désordres sexuels. Il s'agit en l'occurrence du priapisme, une affection qui cause une érection douloureuse et prolongée. Deux cas inexplicables, au siècle dernier, concernaient des légionnaires français ayant consommé des cuisses de grenouilles. Selon les recherches, ces batraciens mangent parfois des scarabées gorgés de cantharidine, un alcaloïde toxique et congestionnant – et réputé aphrodisiaque. Heureusement, ces cas sont d'une extrême rareté.

L'ÉTOURNEAU DE MOZART

La plaisanterie musicale, de Mozart, pièce rarement interprétée, a longtemps été perçue comme une bizarrerie par les musicologues. Cette œuvre est en effet remplie de passages dissonants et de rythmes sans élégance par rapport au style habituel du compositeur. Sa fin est à la fois brusque et étrange. Un psychologue de l'Université d'Indiana, aux États-Unis, pense que le compositeur aurait été influencé par un étourneau lui ayant appartenu et auquel il était très attaché, ce qui expliquerait la structure brisée de cette pièce. Ces oiseaux sont justement renommés pour leur capacité à imiter les notes de musique et la voix.

Le génie donne parfois lieu à de surprenantes collaborations !



LES JOUETS BRUYANTS : DANGEREUX POUR L'OÛIE



Une étude récente réalisée sur 300 jouets bruyants par des chercheurs de l'Université de Montréal révèle que 85 % d'entre eux produisent un bruit supérieur à 100 décibels. Cette intensité sonore, qui correspond à celle d'un marteau-piqueur, est aussi la limite imposée par la *Loi sur les produits dangereux*. Pourtant, les jouets trompette, tambour et xylophone produisent respectivement des sons de 95, 122 et 129 décibels ! En comparaison, une conversation normale n'atteint que quelque 55 décibels... Nos enfants sont-ils des sourds en puissance ?

L'ARCHÉOLOGIE EN MOUVEMENT

Le 28 juin 1990, en Suisse, un événement peu banal s'est produit sur le bord du lac de Neuchâtel. Ce jour-là, quatre tracteurs de 400 cv ont tiré sur une distance d'un kilomètre une plate-forme géante, appuyée sur 192 roues et transportant une partie d'un site préhistorique. C'est le creusage d'une tranchée pour le passage d'une autoroute qui avait mis au jour ce site vieux de 12 000 ans. La surface ainsi démenagée faisait 11 mètres sur 6, sa hauteur était de 1,5 mètre, et son poids, de plus de 400 tonnes. Cette portion de terrain a été amenée jusqu'à un autre site préhistorique. Un travail effectué avec la précision d'une montre... suisse.

PROFITEZ DE NOS OFFRES SPÉCIALES

1. SI VOUS DEVEZ MEMBRE

Une offre spéciale

Si, au cours du mois de septembre, vous devenez membre de la *Fondation Québec Science*, vous recevrez GRATUITEMENT le livre

PATIENCE DANS L'AZUR l'évolution cosmique
de Hubert Reeves, véritable magicien de la vulgarisation scientifique.
Un livre de plus de 300 pages, vendu à 200 000 exemplaires,
où sous vos yeux 15 milliards d'années d'évolution se déroulent.
Une valeur de 18,95 \$



2. SI VOUS ÊTES DÉJÀ ABONNÉ(E)

En plus de vous faire profiter de l'offre de livre GRATUIT lorsque vous devenez membre, *Québec Science* ajoute une autre offre spéciale pour ceux qui se sont abonnés avant le 1^{er} février 1991, en considération de leur grande fidélité.

Si vous êtes de ceux-là, en prolongeant votre abonnement actuel d'un an ou plus, **au tarif de membre**, vous devenez immédiatement membre de la *Fondation Québec Science* et pourrez ainsi profiter de tous les avantages accordés aux membres (voir page 4).

Remplissez le coupon ci-dessous

Un reçu de charité
couvrant environ la moitié
des frais d'inscription comme membre
sera émis à votre nom
par la *Fondation Québec Science*

N.B.

Les escomptes de 10 à 50 % sur les produits et services annoncés dans *Québec Science* sont offerts exclusivement aux membres de la *Fondation Québec Science*.

TARIFS QUÉBEC SCIENCE

AU CANADA SEULEMENT

	MEMBRE DE LA FONDATION	ABONNÉ RÉGULIER
	Prix avec TPS	Prix avec TPS
3 ans (30 n ^{os})	139,76 \$ ☐	72,76 \$ ☐
2 ans (20 n ^{os})	101,43 \$ ☐	52,43 \$ ☐
1 an (10 n ^{os})	56,96 \$ ☐	29,96 \$ ☐
RELIURES:	1 ☐ 8,66 \$ (taxes incluses)	
	3 ☐ 21,37 \$ (taxes incluses)	
	5 ☐ 31,20 \$ (taxes incluses)	

Pour abonnement à l'étranger, voir la liste de prix en page 5 de ce magazine. Abonnements seulement.

☐ Chèque ☐ Mandat postal ☐ Visa ☐ MasterCard

Libellez votre chèque ou mandat postal à l'attention de *Québec Science*

N^o de carte _____

Date d'expiration _____

Signature _____

- ☐ Veuillez m'inscrire comme membre de la *Fondation Québec Science* (Tarif MEMBRE seulement)
- ☐ CADEAU: veuillez inscrire comme membre de la *Fondation Québec Science* la personne suivante:
- ☐ Veuillez m'inscrire comme abonné régulier
- ☐ Veuillez m'expédier _____ reliures

NOM _____

PRÉNOM _____

SEXE: M ☐ F ☐

NUMÉRO _____ RUE _____ APP. _____

VILLE _____

PROVINCE _____

PROFESSION _____

TÉLÉPHONE _____

CODE POSTAL _____

Si vous offrez une carte de membre de la *Fondation Québec Science* en cadeau, veuillez fournir vos coordonnées:

NOM _____

ADRESSE _____

Détachez et expédiez à QUÉBEC SCIENCE, C.P. 250, Sillery, Québec, G1T 2R1 Téléphone: (418) 657-3551 poste 2854 • Télécopieur: (418) 657-2096

Albert Jacquard n'est pas tout à fait inconnu au Québec. Il a participé ces dernières années à plusieurs colloques scientifiques et animé quelques cours et séminaires dans des universités québécoises. Il nous rejoint encore par ses dernières publications, dont la plus récente s'intitule *Voici le temps du monde fini*.



JACQUARD, ALBERT
Voici le temps du monde fini
Éditions du Seuil, Paris
1991, 186 pages, 22,95 \$
ISBN 2-02-013082-3

C'est un message neuf et percutant, qu'il nous livre dans cet ouvrage de près de deux cents pages. Pendant des millénaires, on a cru que la Terre était illimitée et que l'homme pouvait en disposer à sa guise. Les recherches et les dernières découvertes nous rappellent que la Terre est une sphère et qu'elle n'est qu'un infime élément dans l'ensemble du cosmos. On ne peut plus oublier sa petitesse et sa fragilité.

Dans la première partie, l'auteur aborde les concepts clés qui servent à décrire l'Univers. Qu'est-ce que le temps, la relativité ? Comment définit-on aujourd'hui la matière et le vivant ? Quelles sont les lois qui président à la reproduction ? M. Jacquard invite ses lecteurs à le suivre dans cette problématique et à renouveler leur réflexion sur ces réalités quotidiennes.

Après avoir rappelé combien les découvertes scientifiques nous obligent à modifier nos concepts, Albert Jacquard démontre, dans une deuxième partie, l'inanité de la science si elle ne parvient pas à changer

notre vision du monde et nos comportements. Face au précepte biblique « Croissez et multipliez-vous », l'auteur rappelle la finitude de la Terre et l'importance de planifier la puissance créatrice de l'homme. À la violence et au gaspillage des ressources, il oppose la maîtrise de soi, l'altruisme et la bonne gestion de l'environnement. « L'évocation d'une humanité où les conflits seraient résolus sans recours à la violence se heurte, au mieux, aux sourires sceptiques des réalistes », affirme-t-il. Pourtant, on a vaincu le virus de la variole et on a défié la loi de la pesanteur pour aller sur la Lune. Pourquoi ne serions-nous pas capables d'instaurer de nouveaux rapports de paix et d'amitié entre les individus et les nations ? C'est à l'édification de cette nouvelle société que nous convie M. Jacquard.

Albert Jacquard, professeur aux universités de Paris et de Genève, est considéré comme l'un des grands messagers de la science aujourd'hui.

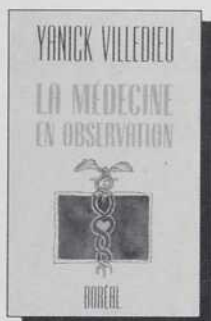
VILLEDIEU, YANICK
La médecine en observation
Boréal, Montréal
1991, 304 pages, 24,95 \$
ISBN 2-89052-400-0

C'est un recueil d'articles, publiés pour la plupart dans la revue *L'actualité*, qui constitue l'essence même de cet ouvrage. Dans une soixantaine de textes, l'auteur passe en revue les principales victoires de la médecine contemporaine et les nouveaux défis qu'elle aura à relever ces prochaines années.

Grâce aux antibiotiques, aux vaccinations, à la cardiologie, au traitement de certains cancers, aux soins d'urgence, la médecine a repoussé les frontières de la maladie et de la mort. Par ailleurs, elle est encore impuissante devant certaines maladies, comme le sida, la leucémie, le cancer du sein, l'asthme, le vieillissement précoce et les affections du cerveau, comme la maladie d'Alzheimer.

Si d'une part la médecine est fascinante par son pouvoir presque magique de guérir les

maladies les plus tenaces, si elle sait aider et soulager, prolonger la vie d'un patient, elle est d'autre part irritante, avoue l'auteur, dans sa tendance à « vouloir nous sauver corps et âme et dans sa tentation de manipuler la vie et de bricoler la mort ».



Malgré ses impuissances et sa soif de pouvoir, la médecine du futur engendre beaucoup d'espoir. Avec la montée de la biologie et de la génétique moléculaire, on commence à comprendre le fonctionnement de l'organisme humain. On pénètre au cœur même de la cellule pour déchiffrer le monde merveilleux des gènes. On a, en effet, découvert de multiples gènes qui commandent la fa-

brication d'hormones, de peptides, d'enzymes et de protéines essentielles à l'évolution de la vie. C'est tout le code génétique qu'on commence à mettre à jour. La médecine de demain sera davantage fondée sur le développement des sciences biologiques et chimiques, sur l'endocrinologie et l'immunologie, mais aussi sur la biotechnologie et la techno-médecine de l'électronique, l'informatique et la physique nucléaire.

C'est cette thématique, riche et complexe, qu'aborde l'auteur dans *La médecine en observation*. On peut être allergique à de tels recueils de textes déjà publiés. Pourtant, à mesure qu'on avance dans la lecture de ce livre, on ne peut qu'être fasciné et conquis par la qualité des articles, la richesse du contenu et le style direct et envoûtant de l'auteur.

Yanick Villedieu est un de nos journalistes scientifiques les plus distingués, qui anime le magazine *Aujourd'hui la science*, à la radio de Radio-Canada, et qui fut longtemps un collaborateur apprécié de *Québec Science*.

À SIGNALER

BORROR, DONALD J.
et **RICHARD E. WHITE**
Les insectes de l'Amérique du Nord (au nord du Mexique)
Éditions Broquet inc., Laprairie
1991, 428 pages, 24,95 \$
ISBN 2-89000-244-6

Un guide pour identifier les insectes des quelque 575 familles de l'Amérique du Nord ; connaître leur système de classification et de nomenclature, leur morphologie et leur biologie ; et s'initier au montage d'une collection d'insectes.



BERNATCHEZ, LOUIS
et **MARIE GIROUX**
Guide des poissons d'eau douce du Québec
Éditions Broquet inc., Laprairie
1991, 328 pages, 27,95 \$
ISBN 2-89000-293-4

Un ouvrage qui présente, regroupées selon leurs 24 familles d'appartenance, les 111 espèces reconnues de poissons qui fréquentent les eaux douces du Québec. Pour chacune, une photographie en couleurs et une carte de distribution accompagnent le texte. Une clé d'identification et un glossaire complètent l'ouvrage.

GRANDE BALEINE : ENDIGUER LA MÉFIANCE

(Raymond Lemieux)

Raymond Lemieux s'est intéressé aux répercussions environnementales et sociales de la construction des barrages et des réservoirs aux confins des territoires inuit et cris. Il faut dès maintenant se demander si le savoir-faire en sciences de l'environnement saura réparer ce que la technologie aura perturbé.

LE LAIT AUX HORMONES SERA-T-IL AUTORISÉ ?

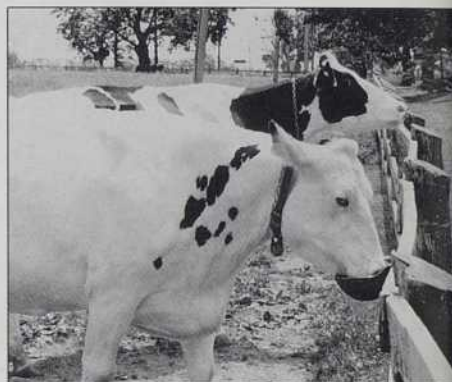
(Monique Lambert et Denis de la Broise)

Pourquoi la somatotropine bovine (BST), qui répond déjà à deux des trois conditions nécessaires pour la mise en marché de tels produits, fait-elle encore l'objet de débats ? Monique Lambert, avec la collaboration du microbiologiste français Denis de la Broise, fait ressortir les avantages et les désavantages de l'hormonothérapie en élevage et analyse les raisons qui peuvent faire obstacle à son utilisation.

RADARSAT : L'ŒIL DU CANADA DANS L'ESPACE

(Benoît Chapdelaine)

Radarsat, dont le lancement est prévu pour 1994, permettra de « voir » presque en temps réel l'évolution des navires dans l'Arctique, de contrôler les mouvements des glaces et des tempêtes et d'analyser les conditions des récoltes. Benoît Chapdelaine explique en quoi Radarsat diffère des satellites existants.



2^e


PRÉSENTE

FESTIVAL INTERNATIONAL DU FILM SCIENTIFIQUE DU QUÉBEC

DU 21 AU 27 OCTOBRE 1991

JARDIN BOTANIQUE, MONTRÉAL
(514) 872-1424

**MUSÉE DE LA CIVILISATION,
QUÉBEC (418) 643-2158**

JEUNE PREMIER ET DÉJÀ EN RAPPEL!

THÈMES Les communications
L'environnement

À L'AFFICHE Une sélection des meilleures productions
du cinéma scientifique mondial

AU PROGRAMME

- Compétition internationale de films et vidéos
- Compétition québécoise de reportages de télévision :
prix du public
- Section réservée aux films et vidéos sur l'environnement
- Programmation scolaire, soirées-événements et conférences
- Présence de personnalités internationales marquantes

RENSEIGNEMENTS:

**FESTIVAL INTERNATIONAL
DU FILM SCIENTIFIQUE DU QUÉBEC**

**A/S HERVÉ FISCHER,
PRODUCTEUR EXÉCUTIF**

**15, RUE DE LA COMMUNE OUEST
MONTRÉAL (QUÉBEC), CANADA
H2Y 2C6**

TÉLÉPHONE (514) 849-1612
TÉLÉCOPIEUR (514) 982-0064

ENTRÉE GRATUITE SUR RÉSERVATION

*Le festival est produit par la Cité des
arts et des nouvelles technologies
de Montréal.*

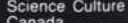
**UN ÉVÉNEMENT UNIQUE AU CANADA, OUVERT AU GRAND
PUBLIC, AU MILIEU SCOLAIRE, AUX AMATEURS DE CINÉMA,
DE SCIENCE, DE COMMUNICATION ET D'ENVIRONNEMENT.**

 Société pour la
promotion de la
science et de
la technologie

 Ville de Montréal

 **MUSÉE DE LA
CIVILISATION**

 Sciences et Culture
Canada

 Science Culture
Canada

 **Enseignement supérieur
et Science**
Québec



Kanuk : pour le voyage et l'aventure...

Conçus et fabriqués au Québec pour notre climat, les vêtements et l'équipement Kanuk sont si résistants que leurs coutures sont garanties à vie sans condition!

Imperméables, ils "respirent"

Vous serez toujours au sec avec un parka Kanuk en tissu microporeux. Les micropores empêchent les gouttes d'eau de pénétrer, mais laissent échapper la transpiration. De 252\$ à 375\$.

Les pulls Kanuk en feutre polaire

Encore mieux que votre meilleure veste en laine! Le feutre polaire Kanuk est chaud même mouillé et sèche environ 8 fois plus rapidement que la laine. De 82\$ à 140\$.



La tente fiable qui se range dans une petite poche

La Kanuk II se monte en moins de deux minutes, vestibule inclus. Elle offre la meilleure protection contre les pires intempéries (535\$).



Les blousons Kanuk

Plusieurs modèles, de 166\$ à 254\$. Certains sont en microporeux. D'autres sont réversibles. Tous sont si légers que vous les porterez été comme hiver, tels quels ou par-dessus des pulls.



Les sacs de couchage bien chauds, isolés en Polarguard

Le Polarguard est l'isolant le plus chaud même dans des conditions extrêmes d'humidité. Plusieurs modèles : deux, trois ou quatre-saisons. Certains sont imperméables et vous permettent de dormir dehors sans tente. Tous se jumellent, pour dormir deux. De 208\$ à 568\$.

Les sacs à dos solides et confortables

Confectionnés en tissu imperméable. Leurs bretelles moulent votre poitrine. Plus de 20 modèles : du petit sac à dos à 52\$ au sac à dos d'expédition à 342\$, en passant par le sac de voyage Visa à 228\$. Tous ont en commun le confort et la durabilité Kanuk.



Vous serez toujours au sec avec un imperméable Kanuk en tissu microporeux. Les micropores empêchent les gouttes d'eau de pénétrer, mais laissent échapper la transpiration. Les coutures sont scellées et le capuchon se camoufle dans le col. Vous le porterez à l'année longue car il coupe le vent à 100%. Frais en été, vous le porterez par-dessus des pulls en hiver. De 252\$ à 375\$.

Recevez gratuitement le prochain catalogue Kanuk

Inscrivez-vous sur la liste Kanuk pour recevoir le catalogue par la poste
Postez ce coupon à : KANUK, 752, rue Rachel est, Montréal, Qc H2J 2H5
Télécopiez-le à : 514-527-5255 ou Téléphonez-nous à : 514-527-4494

Nom Prénom

Adresse Ville

Prov. Code postal



Québec Sciences - K



**ATTENTION
- PLANÈTE
FRAGILE**

**POUR RÉPONDRE
AUX GRANDES
QUESTIONS,
IL FAUT POSER DE
GRANDS GESTES.**

Il y a 50 ans, nos prédécesseurs étaient fiers de leurs usines.

Les Québécois aussi. À l'avenir, certaines répondront de plus en plus difficilement aux attentes environnementales.

Dans les prochaines décennies, elles seront démolies ou modernisées. Le processus de reconstruction est enclenché. L'investissement requis: plus de 3 milliards \$.

Mais au-delà des dollars, il y a une politique. Non seulement corrective mais préventive. De l'utilisation réfléchie des matières premières et de l'énergie jusqu'au recyclage du produit fini, Alcan s'impose des normes environnementales rigoureuses.

Cette façon d'agir est le propre d'Alcan. Elle trace la voie d'une évolution sensible. Elle est surtout le signe manifeste de son engagement et du sens de la direction qui l'anime.

**ALCAN.
UNE FORCE SENSIBLE.**



LES BATT