

Québec

Une sociologue chez les prostitués

Volume 31, numéro 6
Mars 1993, 3,45 \$

Science

Biodôme

**La chasse aux
clandestins**

**Dossier
Énergie**

**La lutte aux pannes
des micro-centrales
et le dilemme suédois**

**Modèles économiques :
le meilleur est à venir**

Un gène pour la mémoire



**Susan Johnson
est entomologiste
au Biodôme.**

**Sa mission : contrôler
les populations
d'insectes.**

**Ses alliés : des
prédateurs et
des parasites.**

**Son domaine
d'action : tous les
recoins du Biodôme.**

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





Centrale de Wolsong, en Corée du Sud

NOTRE TECHNOLOGIE DE POINTE CONNAÎT UN GRAND SUCCÈS À L'ÉTRANGER

Au cours des années 1970, le Canada a mis au point un nouveau concept:
la centrale CANDU 600 à tranche unique qu'on appelle aujourd'hui le CANDU 6.

Après s'être engagé à construire des réacteurs CANDU 6 au Nouveau-Brunswick et au Québec,
on en a vendu à l'Argentine et à la Corée du Sud.

Satisfaite, après dix ans d'expérience avec son premier achat, la Corée du Sud procède actuellement à la construction
de trois nouveaux réacteurs CANDU 6. De plus, la Roumanie fait appel à nos connaissances technologiques
pour terminer la construction du premier des cinq réacteurs CANDU 6 qu'elle a commandés.

Fait à noter, le rendement du réacteur CANDU 6 de Wolsong, en Corée du Sud, surpasse celui
des huit autres réacteurs du pays. En effet, il offre à un coût vraiment inférieur aux autres modes de production
d'électricité une fiabilité moyenne de dix pour cent plus élevée.

Cette fiabilité supérieure explique la reprise des contrats d'exportation.

La performance du réacteur CANDU 6 de Pointe Lepreau, au Nouveau-Brunswick, est supérieure à celle de ceux
actuellement en activité dans 26 pays. Il n'est donc pas étonnant que les opérateurs roumains qui auront à travailler à
Cernavoda, site de la première centrale CANDU 6 de Roumanie, suivent leur programme de formation à Pointe Lepreau.

**Le succès que connaît notre technologie de pointe nous permet de créer des emplois
dont nous avons grand besoin en cette période de récession. Comme nous sommes
de plus en plus conscients de la nécessité de privilégier les options énergétiques qui préservent notre
environnement, l'avenir s'annonce plus prometteur encore.**

Pour plus de renseignements:

1 800 387-4477



Amener l'Insectarium dans les écoles est la bibitte d'une ancienne de l'UQAM



La formation théorique offerte à l'UQAM, tout en reposant sur des bases solides, reste fortement tournée vers l'action. Ainsi, lorsqu'on sort de l'UQAM, en plus d'avoir des projets plein la tête, on a les moyens de les réaliser et de faire mouche.

UQAM

DATE LIMITE D'ADMISSION POUR LES BACCALaurÉATS ET LES CERTIFICATS: 1^{ER} MARS 1993
PÉRIODE D'ADMISSION POUR LES DOCTORATS, LES MAÎTRISES ET LES DIPLÔMES DE DEUXIÈME CYCLE: DU 1^{ER} FÉVRIER AU 1^{ER} MAI 1993
LA FONDATION DE L'UQAM OFFRE CHAQUE ANNÉE DES BOURSES D'ÉTUDES D'UNE VALEUR DE 1 000 \$ À 7 000 \$
RENSEIGNEMENTS: TÉLÉPHONEZ AU 987-3121 OU PRÉSENTEZ-VOUS AU: 870, BOUL. DE MAISONNEUVE EST, LOCAL T-3600, MONTRÉAL



Université du Québec à Montréal



Le visage de Dieu et l'incertitude humaine

C'est comme voir le visage de Dieu, a dit le physicien George Smoot en commentant les observations du satellite COBE (*Cosmic Background Explorer*), qui appuyaient la théorie du Big Bang. On le comprend, ce n'est pas tous les jours que des observations scientifiques peuvent alimenter une vision mystique de la naissance de l'univers.

Toute la matière de notre univers originerait d'un point d'une densité infinie, qui aurait répandu sa chaleur à la suite d'une prodigieuse explosion. De la condensation de ce rayonnement serait née la matière telle que nous la connaissons. *Et la lumière fut...* Des observations récentes, faites à partir de ballons lancés dans l'atmosphère, ont confirmé ce que COBE avait vu. La théorie du Big Bang a le vent dans les voiles.

Mais tout séduisant qu'il soit pour nos esprits avides de connaître nos origines, le Big Bang n'est quand même qu'un modèle, avec ses imperfections et les questions qu'il laisse en suspens. Comme toutes les théories scientifiques, celle du Big Bang est à la merci des observations futures. Mais au moins s'appuie-t-elle sur des observations, ce qui n'a pas toujours été le cas dans l'évolution de la pensée scientifique. Pensons à Galilée, qui avait raison de dire que la Terre tourne autour du Soleil, mais qui utilisait certaines preuves erronées.

Certains modèles scientifiques racontent de belles histoires. Le Big Bang et la Genèse se ressemblent. Mais ni le modèle, ni l'histoire ne sont la réalité. Voir une théorie scientifique comme une vérité immuable, c'est quitter le monde de la science. Au mieux, un modèle scientifique fait une bonne approximation de la réalité, approximation qui change sans arrêt. C'est pourquoi les scientifiques refusent de se prononcer catégoriquement sur leurs découvertes, au grand désespoir des médias.

Isabelle Montpetit

Chroniques

6
Courrier

14
Livres, spectacles et expositions

43
Histoires de science
Mourir pour des idées, d'accord, mais de mort lente....

par Danielle Ouellet

Trois siècles et demi après sa condamnation, Galilée est réhabilité par l'Église catholique. Ce qui ne signifie pas qu'il avait raison sur toute la ligne...



44
La dimension cachée
L'heure de la pause-thé
par Raynald Pepin
On peut lire bien d'autre chose que l'avenir dans une tasse de thé.

Actualités

7
Conditions de travail
Une sociologue chez les prostitués
par Luc Dupont
Les conditions de travail du « plus vieux métier du monde », comme celles de plusieurs emplois de service, ne sont pas nécessairement reluisantes.

8
Polymérisation en chaîne
La multiplication des gènes
par Suzanne Champoux
Les biologistes moléculaires ne peuvent plus se passer de la polymérisation en chaîne, qui leur permet de détecter d'infimes quantités de matériel génétique.

12
Prix Marie-Victorin 1992
Voyager au cœur de la cellule
par Marie-Noëlle Delatte
Certains chercheurs, comme Charles-Philippe Leblond, méritent d'être mieux connus. La technique qu'il a mise au point a bouleversé plusieurs idées reçues en biologie.

18
Télécommunications
Diagnostic par satellite
par Benoît Chapdelaine
Les médecins de plusieurs pays d'Afrique ont maintenant accès aux développements les plus récents des connaissances médicales, grâce au réseau Healthnet.

Brèves

- Quarks : sens dessus... dessous ?
- Les plus vieux fossiles
- 28 000 ans d'agriculture
- L'autobus des anticorps
- Ozone : faudra-t-il interdire les volcans ?
- Le cri du bois qui sèche
- Forer à la lumière de l'expérience
- De trop bons élèves
- Envol à l'étalage
- Une forêt d'éponges
- Big Bang : la « découverte du siècle » confirmée
- Quand les élèves font du cristal

Dossier énergie

La technologie à la rescousse

20
Technologie
La lutte aux pannes d'électricité

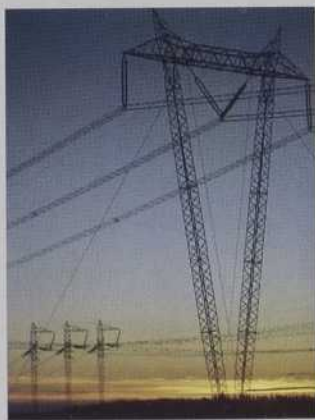
par *Benoît Chapdelaine*
Le réseau d'Hydro-Québec vieillit, mais les pannes sont malgré tout beaucoup moins nombreuses qu'avant. La société d'État leur a déclaré la guerre.

22
Le dilemme suédois
Un mégawatt à l'envers, un mégawatt à l'endroit

par *René Vézina*
Démantèlement des centrales nucléaires, moratoire sur l'hydroélectricité, l'idéal suédois se heurte à une réalité difficile.

23
Micro-centrales hydroélectriques
Small is beautiful. Ah oui, vraiment ?

par *René Vézina*
Construire de petites centrales aux impacts minimes, voilà du développement durable ! Mais tout n'est pas si simple...



25
Écologie
La vie secrète du Biodôme

par *Josée Desranleau*
La visite du Biodôme nous en met plein la vue. Mais l'invisible y est tout aussi impressionnant... et tient en haleine toute une équipe de spécialistes.



29
Modèles économiques
Science ou science-fiction ?

par *Guy Paquin*
Prédire l'avenir économique, un rêve d'économiste... et de contribuable. Mais les énormes modèles informatisés des années 70 ont été incapables de prédire la situation actuelle.

34
Neurobiologie
Un gène pour la mémoire

par *Bruno Dubuc*
Pour la première fois, des chercheurs font le lien entre un gène et un comportement. Des souris amputées de ce gène ont perdu le sens de l'orientation.



37
Développement international
La science du tiers monde, une espèce menacée

par *Jean-Marc Fleury*
Les problèmes planétaires que nous partageons avec les pays les plus pauvres nous obligent de plus en plus à redécouvrir le rôle des scientifiques du Sud ou de l'Est.

L'éclipse du 9 décembre en photos

J'ai lu avec grand intérêt l'article de M. Chastenay dans le numéro de décembre de *Québec Science* et pour donner suite à l'invitation qui y était faite, je vous transmets une photographie de l'éclipse.(...) Il s'agit en fait de neuf photographies sur un même négatif, montrant la Lune à différents moments de l'éclipse, par intervalles d'environ 10 minutes, de 17 h à 18 h 20.

La technique du « chapeau » a été utilisée. L'appareil photo est fixé sur trépied, on bouche l'objectif (par exemple avec son petit capuchon protecteur), et on déclenche sur « B », en ouvrant l'obturateur. À toutes les 10 minutes, on enlève délicatement le capuchon afin d'exposer la pellicule à la lumière pendant un certain temps et on remplace le capuchon.

Le négatif a été exposé environ 1/2 seconde (f16) pour les 7 premières prises (de bas en haut), 4 secondes (f4) pour la huitième et finalement 10 secondes (f2) pour la dernière, durant l'éclipse totale. On a utilisé un film couleur 100 ASA, un appareil photo 35 mm avec un objectif standard de 50 mm.

L'intérêt de la photographie réside dans la séquence. Une partie de la ville de Chicoutimi est visible et améliore la composition. L'emploi d'un petit objectif par contre ne permet pas d'aller chercher des détails du disque lunaire, même si on a pu saisir un peu la couleur du globe éclipsé lors de la dernière exposition. Mis à part les contraintes de

Photo : Chantale Dumas



la technique, l'intervalle de 10 minutes est irrégulier et les premiers clichés sont aussi légèrement sur-exposés.(...)

Chantale Dumas, Chicoutimi

Un cadeau utile

Vous trouverez ci-joint mon chèque concernant mon réabonnement à votre revue. Par le fait même, j'aimerais vous exprimer toutes mes

félicitations quant au contenu de vos articles. Toujours simples par leur langage, ces articles sont de plus en plus diversifiés puisqu'ils touchent plusieurs domaines scientifiques, ils sont donc accessibles à un plus grand nombre de personnes, ce que je trouve formidable.

Il y a plus d'un an, vous m'aviez fait parvenir le livre *Comment nourrir les oiseaux autour de chez*

soi que j'utilise fréquemment lors de mes vacances.

Luce Rochefort, Québ

Des textes s.v.p.

J'aimerais apporter un commentaire. Ça fait quelques années maintenant que j'ai hâte à chaque début de mois pour recevoir mon *Québec Science* (...). Mais je suis un peu en retard depuis quelque temps. Si je prends par exemple le numéro de décembre 1992 - janvier 1993, en pages 17 - 23 - 37 - 38 - 42, pour moi, je me fais littéralement voler de la lecture. (...) Je n'ai rien contre le contenu des articles ni contre leur variété, ça me plaît. Les photos, images, graphiques sont intéressants (...), mais la moitié ou le quart qu'une photo comme en page 17 (madame Catherine Potvin) m'en donnerait autant d'espace pour continuer à en apprendre plus sur ce qu'elle fait par exemple. C'est ce qui est le plus important pour moi : apprendre et comprendre.

Carole Lessard, Val d'

Donnez-nous vos commentaires !

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

Québec Science

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

Québec Science



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

ADMINISTRATION

Directeur général : Michel Gauquelin
Adjointe administrative : Joan Lacasse

RÉDACTION

Rédactrice en chef : Isabelle Montpetit

Comité de rédaction : Patrick Beaudin, Étienne Denis, Jean-Marc Fleury, Félix Maltais, Gilles Parent, Sarah Perreault, Anne-Marie Simard, Pierre Sormany, René Vézina, Yanick Villedieu

Collaborateurs : Suzanne Champoux, Benoit Chapdelaine, Marie-Noëlle Delatte, Étienne Denis, Josée Desranleau, Bruno Dubuc, Luc Dupont, Danielle Ouellet, Jean-Marc Fleury, Guy Paquin, Raynald Pepin, Pedro Rodrigue, René Vézina.

Photo de la page couverture : Laurent Leblanc

Illustrateurs : Josée Morin, Rémy Simard.

PRODUCTION

Direction artistique : Normand Bastien
Séparation de couleur et pelliculage électronique :
Les ateliers haut registre inc.
Impression : Interweb

COMMERCIALISATION

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

ABONNEMENTS

Tarifs	
Au Canada (taxes incluses) :	
1an (10 numéros)	34,67 \$
2 ans (20 numéros)	59,86 \$
3 ans (30 numéros)	83,20 \$
À l'unité	3,99 \$
Groupe	
(10 ex./ même adresse)	31,20 \$

À l'étranger :

1an (10 numéros)	43 \$
2ans (20 numéros)	75 \$
3 ans (30 numéros)	105 \$
À l'unité	4,50 \$

Pour abonnement et changement d'adresse

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

RÉDACTION

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

PUBLICITÉ

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

ABONNEMENTS ET CHANGEMENTS D'ADRESSES

Téléphone : (418) 657-3551, poste 2854

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

Membre de :
The Audit Bureau
CPPA



Québec Science est produit gratuitement sur cassette par l'Audiothèque, pour les personnes handicapées de l'imprimé.
Téléphone : (418) 648-2527

Actualités

Conditions de travail

Une sociologue chez les prostitués

Le « plus vieux métier du monde » est rarement vu comme un métier. Pourtant, comme dans certains emplois de service, les conditions de travail n'y sont pas nécessairement reluisantes.

par Luc Dupont

Le regard qu'on pose sur la prostitution est souvent moralisateur, le phénomène étant considéré sous l'angle de la déviance ou jugé, en particulier par les groupes féministes, comme un geste dangereux et dégradant. Rarement l'a-t-on analysé comme un travail.

Pourtant, selon la sociologue Frances Shaver de l'Université Concordia, les modèles qu'entretiennent les prostitués, hommes et femmes, avec leurs clients, pourraient se comparer à ceux qu'ont... les aides-infirmières et les aides-infirmiers avec leurs patients ! Les deux font-ils pas un travail de service impliquant un rapport intime avec les personnes; les deux entrent-ils pas en contact avec le corps, mais également avec les sécrétions corporelles (fluides sexuels, urine, sueur, sang) de ceux dont ils s'occupent ?

Cette hypothèse pour le moins saisissante est à la base de l'enquête que mène actuellement Frances Shaver auprès de quelque 300 prostitués des rues de Montréal, San Francisco et bientôt Toronto. La chercheuse veut évaluer dans quelle mesure un travail de service dit « sexuel » peut s'apparenter à un autre travail de service,

« asexuel » celui-là, mais comportant aussi une certaine intimité. Dans ce contexte, les métiers de coiffeur, masseur ou infirmière à domicile auraient tout aussi bien pu faire l'affaire que celui d'aide-infirmier.

Pour ce faire, Frances Shaver et son collègue Martin Weinberg de l'Université d'Indiana élaborent depuis 1990 un por-

trait de la prostitution, s'efforçant de mettre en lumière des caractéristiques habituellement propres aux emplois de service en général : horaire, volume de clientèle, revenus, risques du métier, santé.

La santé, ça se protège

Les entrevues anonymes que Frances Shaver a menées auprès d'un groupe de 80 prostitués de Montréal (30 hommes, 30 femmes, 20 transsexuels) montrent que les travailleurs du sexe ne sont pas le groupe à risques que l'on croit. Ainsi :

- 100 % des femmes et 90 % des hommes interrogés affirment utiliser le condom lors des relations sexuelles avec pénétration. « Pas étonnant, dit Frances Shaver. La plupart de ces prostitués sont des adultes qui disent faire ce métier de façon régulière. Ils savent que s'ils étaient malades, ils ne pourraient tout simplement pas travailler. »

- 90 % disent avoir déjà passé un test de dépistage du sida. « Beaucoup se disent affectés par la menace de cette terrible maladie, poursuit la sociologue. Les femmes, sans établir de lien direct avec la maladie, vont jusqu'à refuser les clients qui leur paraissent agressifs ou malades. »

- 63 % affirment n'avoir contracté aucune maladie transmise sexuellement au cours des deux dernières années.

Comment être certain de la validité de ces résultats ? « Ils confirment ceux d'autres études sur le sujet, explique la chercheuse. De plus, les types de réponses de la majorité des interviewés concordent sur la plupart des points. »

Dans le cadre de leur travail, les prostitués ont donc des règles d'auto-protection en matière de santé, comme les aides-infirmiers, qui portent des gants



Les femmes prostituées passent en moyenne plus d'heures au travail que les hommes. Leurs revenus sont aussi plus élevés : en moyenne, 1800 \$ à 2000 \$ par semaine, alors que les hommes font entre 600 \$ et 800 \$ par semaine.

de latex et des masques lors des manipulations intimes de leurs patients.

Horaires réguliers mais boulot ennuyant

L'enquête montre aussi que le commerce du sexe n'est pas l'occupation anarchique que l'on croit. La majorité des prostitués interrogés affirment avoir une structure de travail assez bien déterminée. « 77 % des femmes (53 % des hommes) disent avoir un horaire régulier de travail, précise la sociologue. Chacune travaille en moyenne 5,8 jours par semaine (4,1 pour les hommes) et 7,3 heures (5,5 heures pour les hommes) par jour. Elles disent rencontrer quotidiennement en moyenne 9 clients (5,7 pour les hommes), pour un total de 28,5 par semaine (14,5 pour les hommes), dont le tiers sont des clients réguliers. »

Le métier de prostitution aurait donc des règles et un cadre comparables à bien d'autres travaux de service : que l'on pense aux coiffeurs, aux infirmières à domicile ou aux massothérapeutes. Il en aurait aussi les côtés négatifs...

« Quand on pousse plus loin l'enquête, on découvre que les prostitués décrivent leur métier

comme ennuyant, répétitif, offrant peu de mobilité et de sécurité professionnelles, poursuit la chercheuse. Or les aides-infirmiers et les autres travailleurs de service se plaignent souvent des mêmes choses. Ils doivent passer les patients les uns après les autres, dans une multitude de gestes répétitifs (les laver, les nourrir) qui deviennent souvent impersonnels. »

Au-delà des préjugés

Pour Frances Shaver, l'approche comparative est nécessaire si on veut poser un regard neuf sur la prostitution. « Trop souvent, dit-elle, on a dénoncé la prostitution en ne s'appuyant que sur des bases morales ou philosophiques, rarement sur de véritables données empiriques. »

Avec une analyse plus systématique, la chercheuse souhaite effacer certains préjugés liés au travail à caractère sexuel et enrichir le débat sur la prostitution et la pornographie qui éclate périodiquement dans l'actualité.

La deuxième phase de l'enquête doit se poursuivre cet été à Montréal et à Toronto, où la sociologue rencontrera une centaine d'aides-infirmiers. ●

Quarks : sens dessus... dessous ?

Grand émoi au laboratoire de physique nucléaire Fermilab de Chicago. Le 29 octobre dernier, les chercheurs ont vu ... peut-être vu ... croient avoir vu ... ils ne peuvent pas le jurer, mais il se pourrait bien qu'ils aient aperçu ... Enfin, pour résumer, les détecteurs de l'accélérateur de particules de l'Institut pourraient avoir capté la trace d'une espèce rarissime de quark, le *top*, sur lequel les physiciens tentent désespérément de mettre le doigt depuis plus de 15 ans.

Parmi les quarks, on connaissait déjà le *up* et le *down* qui, assemblés trois par trois, forment les protons et les neutrons des noyaux atomiques. On connaît aussi les quarks *charm* et *strange*, plus lourds et plus énergétiques, qui sont présents dans les rayons cosmiques. Enfin, en 1977, des chercheurs ont identifié le quark *bottom*, qui a joué un rôle de premier plan dans la naissance de l'Univers. À ce quark devrait logiquement correspondre le *top*, héros de cette histoire, qui n'a jamais été aperçu avec certitude depuis un billionième de seconde (10^{-12}) après le Big Bang ! ●

Polymérisation en chaîne

La multiplication des gènes

Les biologistes moléculaires ne peuvent plus se passer de la polymérisation en chaîne, qui leur permet de détecter d'infimes quantités de matériel génétique. Les enthousiastes disent que cette technique est au génie génétique ce que le moteur à explosion fut au transport, et les fustigées V2 allemandes à la conquête de l'espace. Quant aux hommes qui doivent passer un test de *Chlamydia*, ils sentiront la différence.

par Suzanne Champoux

Le dépistage de l'infection à la *Chlamydia*, une maladie transmise sexuellement, est souvent douloureux chez l'homme. Le médecin invite son patient à prendre une grande respiration, puis il insère une tige métallique dans le canal urétral, et gratte... Il récolte ainsi les bactéries responsables de la maladie, pour ensuite en faire la culture. Chez la femme, le médecin peut assez facilement prélever quelques bactéries logées dans les cellules du col de l'utérus. À défaut d'être agréable, ce n'est pas douloureux.

« Il est difficile de convaincre un homme de passer ce test quand il ne ressent aucun symptôme, ce qui est parfois le cas avec la *Chlamydia* », dit la microbiologiste Johanne Lefebvre, qui est responsable de la *Chlamydia* au Laboratoire de santé publique du Québec.

Or un nouveau test diagnostique, qui utilise la technologie de la polymérisation en chaîne (ou PCR, pour *Polymerase Chain Reaction*) parvient à détecter les quelques fragments d'ADN bactérien présents dans l'urine de l'homme infecté (chez la femme, l'urine n'est d'aucune utilité). Il s'agit en fait de la trousse de diagnostic Amplicor-*Chlamydia*, fabriquée par Roche Diagnostic. À l'instar de la France et de l'Italie, le Canada

vient d'en autoriser la vente.

La PCR est une bénédiction pour les biologistes moléculaires. Elle permet non seulement d'aller chercher la proverbiale aiguille dans une botte de foin mais en plus de créer une véritable botte d'aiguilles ! Concrètement, la PCR peut aller chercher n'importe quel bout d'ADN et le reproduire à des millions d'exemplaires. Par exemple, la technique parvient à trouver l'ADN d'un virus, même s'il n'est présent que dans une seule cellule infectée parmi 100 000 cellules saines, et à le reproduire en quantité suffisante pour qu'il soit détecté et testé par les méthodes classiques.

Le Dr Richard Morisset, chef du service de microbiologie de l'Hôtel-Dieu de Montréal, considère qu'il s'agit d'une technique pleine d'avenir, à la fois plus rapide et plus simple que la culture des bactéries pathogènes. « Pour des raisons budgétaires nous avons dû délaisser la culture, qui coûte 15 \$ par test, au profit d'une méthode immunologique beaucoup plus économique (environ 2 \$, selon le volume de roulement du laboratoire). Mais notre but est de revenir à la culture, qui demeure la méthode de diagnostic de référence. Si la PCR est aussi sensible qu'on le dit, et si elle ne coûte pas plus cher que la cul-

OBSERVATOIRE DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

Pour marquer l'importance qu'il attache à l'évaluation des résultats obtenus par la mise en œuvre de la stratégie québécoise d'efficacité énergétique, le gouvernement du Québec a décidé de créer l'**Observatoire de l'efficacité énergétique**, chargé de l'analyse quantitative des économies d'énergie et de la diffusion des connaissances en la matière.

Sous la coordination du ministère de l'Énergie et des Ressources, l'**Observatoire de l'efficacité énergétique** est appelé à devenir un forum d'experts qui favorisera les échanges et les collaborations en vue d'assurer le suivi de la stratégie d'efficacité énergétique.

L'**Observatoire de l'efficacité énergétique** publiera régulièrement un bulletin d'information à l'intention de tous les partenaires engagés dans la promotion de l'efficacité énergétique. Pour recevoir ce bulletin, veuillez adresser votre demande à:



OBSERVATOIRE
de l'efficacité énergétique

Accueil et diffusion
Direction des communications
Ministère de l'Énergie et des Ressources
5700, 4e Avenue Ouest, 3e étage
Charlesbourg (Québec)
G1H 6R1

Téléphone : (418) 646-2727 ou 1-800-463-4558

Télécopieur : (418) 644-7160

Actualités

ture, nous l'utiliserons sûrement. » Selon Roche Diagnostique, un test coûterait 16 \$.

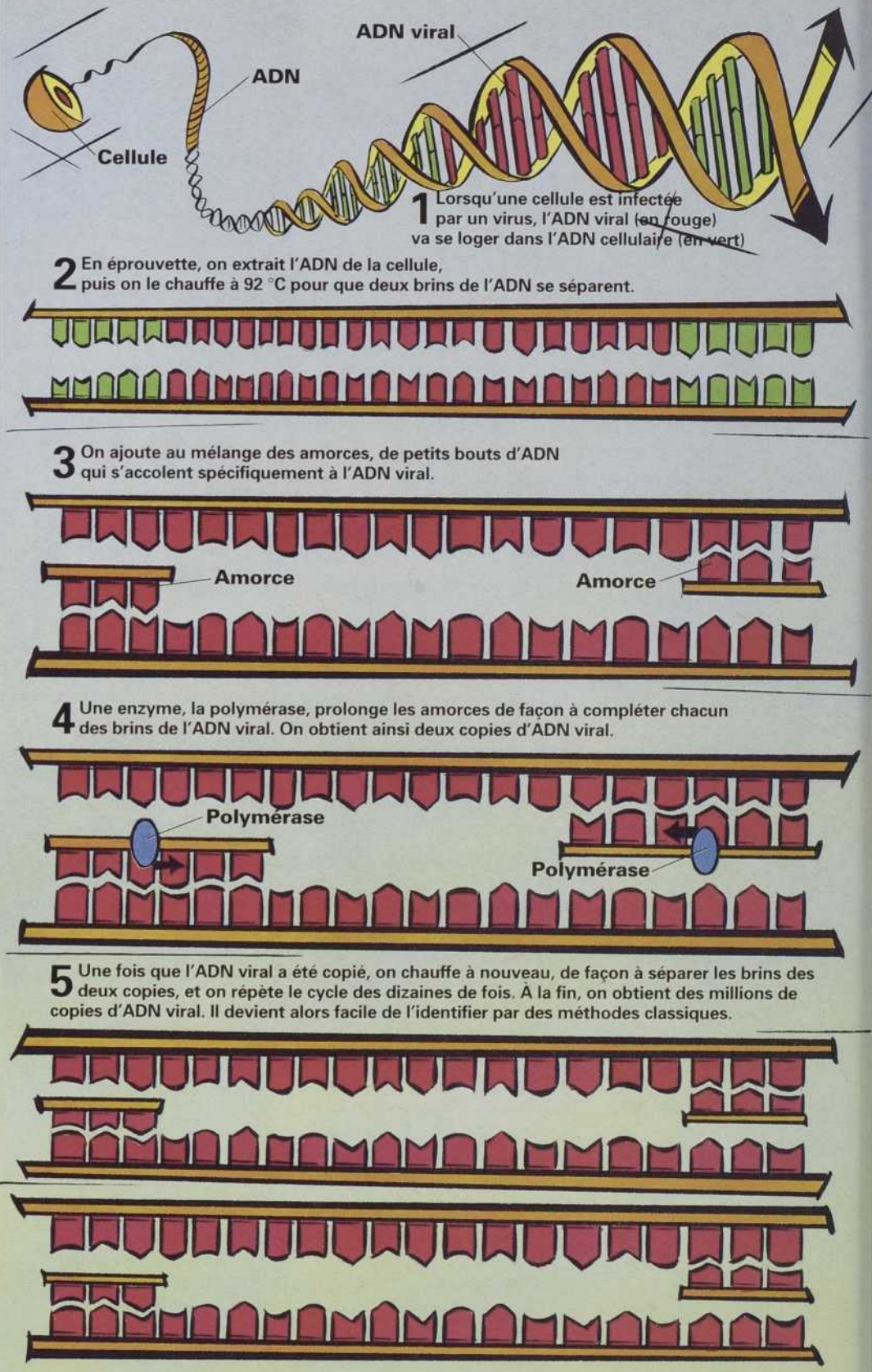
D'autres hésitent à se prononcer car le test, sous sa forme commerciale, est encore trop récent. « De nombreuses publications sur Amplicor-Chlamydia circulent actuellement dans les rédactions des revues scientifiques, dit le docteur François Coutlée, microbiologiste à l'hôpital Notre-Dame de Montréal. Je préfère attendre les résultats de ces études avant de porter un jugement final. Mais la méthode présente effectivement un potentiel énorme, surtout pour les agents pathogènes difficiles à isoler en culture. »

Une recette astucieuse

Pour multiplier les gènes, il faut une enzyme, deux amorces, les quatre bases constituant tout ADN, et le matériel génétique à analyser.

La méthode est simple, mais très ingénieuse. Elle met à contribution le processus naturel par lequel l'ADN est copié lors d'une division cellulaire. L'ADN est une double hélice formée de deux brins, chacun étant constitué de quatre bases (adénine, guanine, thymine, cytosine). Chaque brin est une réplique inverse de l'autre : l'adénine d'un brin sera toujours fixée à la thymine de l'autre (et vice versa), la cytosine à la guanine. Toute cellule qui se divise doit faire une copie de son ADN : la double hélice se sépare, et chaque brin d'ADN est copié d'un bout à l'autre par une enzyme, la polymérase. Cette enzyme assemble donc les bases pour former un nouveau brin d'ADN. C'est aussi une polymérase qui multiplie l'ADN dans la polymérisation en chaîne.

Mais avec la PCR, la polymérase ne copie pas l'ADN d'un bout à l'autre; elle ne s'intéresse qu'à un seul gène ou à un seul fragment d'ADN. Ce sont des molécules appelées amorces qui lui servent de balises et



L'ABC de la polymérisation en chaîne.

lui indiquent où commencer et où finir son travail. Les amorces ont un rôle crucial. Elles reconnaissent un fragment d'ADN bien précis, un bout du matériel génétique de la *Chlamydia* par exemple. Même si l'échantillon

contient beaucoup d'ADN humain, ce qui est souvent le cas, c'est seulement sur l'ADN bactérien que les amorces se fixeront. Ainsi, seul un bout d'ADN bactérien se multipliera, ce qui le rendra facile à détecter.

Pour déclencher la réaction en chaîne, on mélange ADN, bases, amorces et enzymes, et on joue avec la température. Le mélange est d'abord chauffé à 94 °C, une température à laquelle les deux brins d'ADN se

éparent. Le tout est ensuite refroidi à environ 50 °C, ce qui permet aux amorces de se fixer. On chauffe de nouveau, cette fois jusqu'à 72 °C, ce qui déclenche le travail de la polymérase, qui assemble les bases. On laisse à l'enzyme le temps de copier le gène, puis on élève à nouveau la température, et on laisse les cycles se succéder au gré des changements de température sans avoir à intervenir.

Après le premier cycle de PCR, on obtient quatre brins d'ADN, soit deux copies du gène. Après deux cycles, on possède déjà quatre copies. Après n cycles, 2^n copies. Et un cycle ne dure que quelques minutes ! On a vite fait de récolter plusieurs centaines de millions de copies. Le gène reste invisible à l'œil nu, mais c'est tout juste ! En fait, il ne reste plus alors qu'à utiliser une méthode classique — électrophorèse, sonde marquée par radiation ou fluorescence, etc. — pour détecter le matériel génétique qui vient d'être multiplié.

Premier problème : la polymérase humaine résiste très mal à des températures qui dépassent 37 °C. La solution : utiliser la polymérase d'une bactérie qui vit dans les sources thermales, à des températures qui frisent le point d'ébullition.

Le gros écueil, qui a parfois freiné l'enthousiasme des biologistes, reste celui de la contamination. La moindre gouttelette retirée de l'éprouvette utilisée pour la PCR est saturée de fragments d'ADN. Ces fragments risquent de contaminer l'atmosphère et le matériel du laboratoire. On peut en retrouver partout, un peu comme ces aiguilles de sapin qui ressortent encore de votre tapis, souvenir du dernier Noël ! Des chercheurs se sont ainsi rendu compte qu'ils avaient multiplié de l'ADN à partir d'éprouvettes où aucun ADN n'avait été ajouté...

Mais les biologistes ne se sont pas laissés abattre. Dans le mélange, ils ont remplacé la thymi-

ne, servant normalement à confectionner de l'ADN, par l'uracile, une base qui lui est très semblable. Ainsi, les milliers de copies qui pourraient contaminer le laboratoire renferment toutes de l'uracile, alors que l'ADN naturel qu'on veut tester contient de la thymine. Au moment d'entreprendre une nouvelle réaction de PCR, on élimine les contaminants éventuels en ajoutant au mélange une enzyme qui détruit tout ce qui contient de l'uracile. Cette enzyme étant sensible à la chaleur, elle est à son tour détruite dès la première montée en température, et ne nuit donc pas à la fabrication des copies.

Des applications innombrables

Avec la trousse de diagnostic de la *Chlamydia*, la PCR a donc pu sortir des laboratoires de recherche, où elle est déjà très largement utilisée, et entreprendre sa carrière commerciale. Et cette carrière semble prometteuse.

Bientôt, les mères infectées par le virus du sida sauront beaucoup plus vite si elles ont transmis la maladie à leur nouveau-né. Les bébés possèdent en effet les mêmes anticorps que leur mère pendant les 10 ou 12 premiers mois de leur vie. On ne peut donc pas utiliser la méthode habituelle de diagnostic, qui détecte les anticorps anti-VIH, car elle détecterait les anticorps de la mère. Il faut donc attendre plusieurs mois avant de pouvoir rassurer les parents ou entreprendre un traitement. Le diagnostic par PCR détecte le virus lui-même plutôt que les anticorps. Les résultats du test seront alors connus dès les premières semaines de vie. La trousse de détection du virus du sida par PCR, qui est déjà vendue en Italie et en France, devrait recevoir son approbation de Santé et Bien-être Canada dans les prochains mois.

En cancérologie, la PCR peut

vérifier l'efficacité d'un traitement. Ainsi, dans la leucémie myéloïde chronique, les globules blancs cancéreux possèdent un chromosome anormal, le « chromosome philadelphie ». Si le traitement ne détruit pas toutes les cellules cancéreuses, la maladie va récidiver. On poursuivra donc le traitement tant que la PCR détectera la présence du chromosome philadelphie.

La technique PCR a également de l'avenir dans le domaine judiciaire. Plus simple, plus rapide et plus fiable que la technique actuelle des empreintes génétiques, la PCR offre en plus l'avantage de demeurer efficace même si le matériel dont disposent les enquêteurs n'est pas de première qualité : sang séché, sperme prélevé il y a plusieurs semaines, etc.

Le diagnostic prénatal des maladies génétiques profitera

aussi de la PCR. Une seule cellule suffit pour identifier un gène défectueux. Chez un embryon conçu par fécondation *in vitro*, cette cellule peut être prélevée dès que l'embryon est au stade de huit cellules, sans que son développement ultérieur ne soit hypothéqué. Dans ce cas, la détection d'une maladie génétique par PCR permettrait d'éviter un avortement thérapeutique en n'implantant tout simplement pas l'embryon. Mais les problèmes éthiques liés aux tests prénatals resteront entiers. À vrai dire, en facilitant la réalisation de ces tests, la PCR les multipliera !

En plus de la trousse pour le sida, Roche Diagnostic compte offrir d'ici un an une trousse pour la tuberculose et une nouvelle version de l'Amplicolor-Chlamydia qui détectera aussi la gonorrhée, les deux micro-organismes cohabitant souvent chez la même personne. ●

Ozone : faudra-t-il interdire les volcans ?

L'éruption du mont Pinatubo en juin 1991 a fait davantage qu'influencer la météo et nous donner des couchers de soleil mémorables. Les millions de tonnes de poussières qu'a vomies ce volcan dans la stratosphère ont aussi fait la vie dure à la couche d'ozone. Dans les régions polaires et sous les hautes latitudes, les poussières microscopiques ont entraîné vers le ciel la pollution atmosphérique, y compris les molécules de CFC et autres Rambo chimiques. Mais les cendres volcaniques, aidées d'ailleurs par la fumée provenant du déboisement irréfléchi de la forêt tropicale, ont également attaqué l'ozone au voisinage de l'équateur. Fait sans précédent, cinq mois après l'éruption de juin 1991, la quantité d'ozone contenue dans la basse stratosphère des régions tropicales avait diminué par endroits de près de 30 %.

En se répandant dans la haute atmosphère, les poussières volcaniques ont jusqu'à un certain point bloqué les rayons du Soleil. Sous ce voile, les températures ont plongé de quelques degrés, mais l'énergie des rayons solaires, absorbée par les poussières, a réchauffé l'air environnant, si bien que la température moyenne de la haute atmosphère s'est élevée d'environ 1,5 °C sous les tropiques.

Comme tous les gaz, ceux de l'atmosphère se dilatent en se réchauffant. Cette dilatation a eu pour effet de faire grimper d'une vingtaine de mètres le « plancher » de la couche d'ozone. Or toute modeste qu'elle fût, cette poussée vers le haut aurait suffi à rompre l'équilibre fort délicat qui existe entre les réactions qui forment les molécules d'ozone et celles qui les détruisent. Ce qui est inquiétant dans cette histoire, c'est qu'il se produit habituellement sous les tropiques beaucoup plus d'ozone qu'il ne s'en détruit. Le surplus, estiment les chercheurs, se répand vers les hautes latitudes — c'est à dire au-dessus de nos têtes — où l'ozone est détruit plus rapidement. C'est donc le niveau de notre réserve d'ozone qui baisse. ●

Biologie cellulaire

Charles Philippe Leblond,
prix Marie-Victorin 1992

Voyager au cœur de la cellule

Certains chercheurs méritent certainement d'être mieux connus. C'est le cas de Charles Philippe Leblond. La technique qu'il a mise au point permet de suivre les mouvements des molécules dans la cellule, ce qui a bouleversé plusieurs idées reçues en biologie.

par Marie-Noëlle Delatte

La radioautographie, une technique que Charles Philippe Leblond a élaborée dans les années 40, a été pour les biologistes un outil déterminant. Cette nouvelle technique leur permettait de voir les processus cellulaires en mouvement. Pour la première fois, ils pouvaient étudier la dimension du temps dans la cellule. Aujourd'hui âgé de 82 ans, le professeur Leblond travaille encore tous les après-midi dans son laboratoire de l'Université McGill. Il a reçu cet hiver le prix Marie-Victorin, la plus haute distinction accordée par le gouvernement du Québec dans le domaine des sciences et de la technologie.

Suivre les molécules à la trace

Pour arriver à suivre des molécules dans la cellule, il fallait les rendre visibles. Pour cela, le docteur Leblond a eu l'idée d'utiliser des substances biologiques (sucres, acides aminés, etc.) dont on remplace un des atomes par un atome radioactif. Une fois injectée à un animal, la substance radioactive est peu à peu métabolisée et va se loger dans certaines structures des cellules, où elle est incorporée à des grosses molécules (acides nucléiques, protéines, glycoprotéines, lipoprotéines). Par ce

procédé, l'équilibre biologique demeure intact. Ainsi, du glucose marqué au tritium (une forme radioactive de l'hydrogène) se loge au même endroit qu'une molécule de glucose ordinaire.

Comment détecter ces substances radioactives ? En faisant des coupes du tissu animal marqué et en les mettant en contact avec une émulsion photographique, dans une boîte noire. On développe ensuite l'ensemble comme une photographie ordinaire. Au microscope, la radioactivité est visible sous la forme de points noirs sur l'émulsion. En prenant des échantillons à différents moments, on peut observer le déplacement des substances radioactives dans les différentes structures de la cellule. « On obtient alors une image exacte du vivant », explique le professeur Leblond.

La technique existait déjà depuis 1925, alors que le Français Antoine Lacassagne avait eu l'idée d'injecter du polonium à des rongeurs. Mais les images étaient imprécises et le polonium n'était pas métabolisé normalement. En utilisant des substances biologiques radioactives et en améliorant la qualité de l'émulsion photographique, Charles Philippe Leblond augmente énormément la précision de la technique. Jusque là, le



À 82 ans, le professeur Charles Philippe Leblond travaille encore tous les après-midi dans son laboratoire de l'Université McGill.

microscope donnait une image statique de la cellule. Désormais, la radioautographie met en évidence les mouvements et les transformations cellulaires. Des chercheurs du monde entier viennent s'initier à la technique dans le laboratoire du docteur Leblond.

L'arrivée de la microscopie électronique donne vraiment son essor à la radioautographie. Le professeur Leblond explique en riant : « Sous un microscope ordinaire, une mouche serait large de 10 mètres. Avec un microscope électronique, elle atteindrait 10 km ! » En intégrant la microscopie électronique à sa technique, le professeur Leblond allait faire des observations de plus en plus raffinées.

Les processus cellulaires révélés

« En fait, explique le professeur Leblond, la radioautographie m'a permis de confirmer les résultats apportés par la chimie. » En collaboration avec plusieurs équipes, il décrit un phénomène qui passionne les spécialistes de l'époque : les protéines, élaborées par les ribosomes, suivent un trajet bien précis dans la cellule. Ainsi, elles passent en moyenne cinq minutes dans le réticulum endoplasmique avant de se diriger vers les petits sacs de l'appareil de Golgi, où elles restent 12 minutes. Après avoir passé environ une demi-heure dans les grains de sécrétion, les protéines sont finalement expulsées de la cellule.



AUGMENTEZ VOTRE COMPÉTITIVITÉ

Grâce à la recherche-développement effectuée par CANMET

Certaines sociétés estiment qu'elles ne peuvent se permettre d'investir dans la recherche. Pourtant, les sociétés prospères savent fort bien que la recherche est essentielle.

À CANMET, les scientifiques estiment qu'en injectant des fonds dans des programmes de R-D, vous procurez à votre entreprise les meilleures chances de succès.



CANMET est l'un des plus grands centres de recherche et de développement technologique au Canada.

En collaboration avec l'industrie canadienne des minéraux, des métaux et de l'énergie, les chercheurs de CANMET mettent au point des technologies nouvelles dans des domaines très diversifiés afin d'améliorer la position concurrentielle du Canada sur la scène internationale tout en assurant la protection de l'environnement.



Pour en savoir davantage sur CANMET ou sur la façon dont ses chercheurs peuvent améliorer la performance de votre entreprise, communiquez avec nous au (613) 995-4267 ou, par télécopieur, au (613) 995-3192.

CANMET

Centre canadien de la
technologie des
minéraux et de l'énergie

Canada Centre for
Mineral and Energy
Technology



Énergie, Mines et
Ressources Canada

Energy, Mines and
Resources Canada

Canada

L'ÉNERGIE DE NOS RESSOURCES

NOTRE FORCE CRÉATRICE



LES DÉBROUILLARDS

EN MARS, LE MAGAZINE DRÔLEMENT SCIENTIFIQUE DES 7 À 14 ANS VOUS PROPOSE :

Les mini-fusées

Une mini-fusée peut atteindre la vitesse de 250km/h et monter à 500 mètres d'altitude ! Chaque été, des jeunes s'initient à ce loisir scientifique dans un camp spatial québécois.

Une rencontre magique

Au large des côtes anglaises, une biologiste plonge à la rencontre des phoques gris : « Je tends doucement la main vers la femelle et je lui caresse le ventre. Magique ! Elle accepte mes gratouilles. »

S.O.S. Terre

Nom : Easton. Profession : grand reporter. Découvrez avec lui comment nos habitations affectent l'environnement dans un jeu d'observation superbement illustré.

Les premiers Américains

Il y a des milliers d'années, seuls les animaux peuplaient l'Amérique du Nord. Aujourd'hui, nous sommes 360 millions ! Quand les premiers humains sont-ils arrivés ? D'où venaient-ils ?

En plus :

Des expériences amusantes à faire à la maison, des jeux, des fiches à collectionner, la rubrique des correspondants et de nombreuses chroniques.

52 pages de découvertes!

Les Débrouillards est en vente dans plusieurs kiosques (2,95 \$).

Pour s'abonner (1 an, 10 numéros, 24,42 \$) s'adresser à :

Magazine Les Débrouillards,
25 boul. Taschereau, bureau 201,
Greenfield Park (Québec) J4V 2G8
(514) 875-4444 (Commandes téléphoniques pour les détenteurs de carte de crédit.)



GOLDSTYN



La radioautographie permet entre autres d'observer le déplacement des cellules. Ces deux photos montrent des cellules des parois intestinales d'une souris, qui sont organisées en dents de scie. On a injecté une substance radioactive qu'on observe sous la forme de grains noirs dont quelques-uns sont indiqués par les flèches. Sur la photo de gauche, la radioactivité n'est présente que dans les cellules qui sont à la base des dents de scie. Trois jours plus tard, les cellules marquées se sont déplacées au bout des dents de scie (photo de droite).

Mais si les protéines quittent la cellule, comment sont-elles renouvelées ? Le professeur Leblond apporte rapidement une réponse qui bouleverse les idées reçues des biologistes. On croyait à l'époque que seules certaines cellules fabriquaient des protéines et qu'elles étaient ensuite redistribuées dans tout le corps. Par radioautographie, le professeur Leblond démontre que chaque cellule fabrique continuellement des protéines. En clair, les protéines se renouvellent sans arrêt.

La communauté scientifique est stupéfaite. Mais le professeur Leblond n'a pas tout dit. En suivant le trajet des sucres dans la cellule, il découvre que l'appareil de Golgi, un groupe de petits sacs à l'intérieur de chaque cellule, les incorpore à cer-

taines protéines. Les glycoprotéines ainsi formées migrent à la surface de toutes les cellules du corps, où elles forment un manteau appelé glycocalyx. Quel est son rôle ? Le professeur Leblond ne fait pas durer le suspense très longtemps : les glycoprotéines servent de récepteurs à d'autres protéines. À la surface des cellules du foie, par exemple, elles servent de récepteurs aux hormones de croissance. Une autre découverte fondamentale pour la biologie.

Aujourd'hui, la radioautographie n'est plus une méthode d'avant-garde. Trop exigeante et trop lente, elle requiert une patience à toute épreuve. De plus, elle coûte de plus en plus cher. « Aujourd'hui, explique le professeur Leblond, les microscopes les plus perfec-

tionnés coûtent cinq millions \$ US. » Mais on n'a pas relégué la technique aux oubliettes. Elle renseigne encore notamment sur la formation et la croissance des chromosomes ainsi que sur la synthèse des protéines et de l'ADN. « Bien sûr, il existe des méthodes nettement plus sophistiquées, plus précises et plus rapides, explique le docteur Leblond. Mais aucune ne permet de suivre la radioactivité dans le temps car les substances qu'elles utilisent ne sont pas métabolisées normalement. »

Malgré ces changements, la motivation du chercheur est demeurée intacte. « La radioautographie a été la grande aventure de ma vie, confie-t-il. Elle devrait le rester. Il reste tellement de choses à découvrir en biologie ! » ●

De trop bons élèves

Même les mauvais élèves sont parfois d'excellents psychologues. Ils comprennent parfaitement les attentes du professeur à leur endroit et s'y conforment avec une obligeance qui peut devenir très gênante. C'est ce que Jocelyn Gagnon,

chercheur au département d'éducation physique de l'Université Laval, appelle l'« effet Pygmalion », faisant ainsi allusion à la célèbre pièce de George Bernard Shaw dans laquelle un distingué professeur, avec des résultats parfois inattendus, entreprend de transformer en mondaine une jeune vendeuse de quatre saisons. « En enseignement, le professeur développe des attentes envers ses étudiants selon ses premières perceptions, son expérience et ses préjugés, explique Jocelyn Gagnon. L'effet Pygmalion se réalise lorsqu'un étudiant, par ses efforts ou ses résultats, se comporte de manière à confirmer les attentes du professeur à son égard. »

Jocelyn Gagnon a suivi avec assiduité l'entraînement et les matches d'une équipe collégiale de volley-ball. Le discours « inexprimé » de l'effet Pygmalion utilise des voies subtiles qui vont du coup d'œil furtif des joueurs aux sautes d'humeur de l'entraîneur. Plus la situation est stressante, plus l'effet est évident. Ainsi, au sein de l'équipe, l'effet Pygmalion se manifestait beaucoup plus durant les matches qu'au cours de l'entraînement.

« Il serait important, précise le chercheur, que les pédagogues prennent parfaitement conscience de cet aspect de leur influence et apprennent à l'utiliser à bon escient, afin de minimiser l'effet de leurs propres préjugés et de motiver leurs élèves par des attentes élevées mais réalistes. » ●



28 000 ans d'agriculture

Selon une découverte archéologique récente, le réveil rural pourrait bien avoir sonné il y a 28 000 ans aux îles Salomon. On a longtemps cru que l'agriculture avait fait son apparition il y a environ 10 000 ans en Mésopotamie (aujourd'hui l'Irak) mais les préhistoriens rajustent aujourd'hui sérieusement leur tir, surtout depuis qu'ils ont mis au jour en Égypte des vestiges d'activités agricoles vieux de 17 000 à 18 000 ans. Même si elle déplaçait depuis le Tigre et l'Euphrate jusqu'au Nil le berceau de la civilisation, cette découverte laissait toutefois intacte la théorie selon laquelle l'agriculture, en libérant les humains des aléas de la cueillette, avait été la véritable responsable de l'essor culturel de l'humanité.

Mais voilà que des archéologues de l'Université nationale d'Australie ont découvert, sur des outils de pierre taillée trouvés dans une caverne de l'île Buka, en Mélanésie, des restes microscopiques de fibres végétales provenant de racines de taro. Mais pas de taro sauvage. Les archéologues sont formels : les indigènes qui ont abandonné ces outils voilà 28 000 ans cultivaient déjà cette plante. Donc, pour ce qui est de l'influence civilisatrice de l'agriculture, les chercheurs sont maintenant perplexes, car certaines tribus mélanésiennes s'adonnaient naguère à la pratique du ... cannibalisme ! ●

Les plus vieux fossiles

À quelle époque la vie a-t-elle émergé des océans pour s'établir sur la terre ferme ? Les plus anciens fossiles découverts jusqu'ici sont des spores qui datent de 470 millions d'années, mais les paléontologues soupçonnent depuis longtemps que des algues et des bactéries ont commencé beaucoup plus tôt à coloniser les continents. Hélas, ces organismes microscopiques ne semblaient pas avoir laissé de traces de leur passage.

Voici quelques années, un géologue de l'Université de l'Arizona avait découvert un moyen astucieux de déduire l'existence d'une vie végétale terrestre. Sachant que pour faire de la photosynthèse, les plantes utilisent de préférence le carbone-12 de l'atmosphère, la forme « normale » du carbone, il avait raisonné que la présence de végétation devrait se traduire par une surabondance dans le sol de cet isotope ou, ce qui revient au même, par une concentration anormalement faible de carbone-13.

Comme prévu, le géologue découvrit des dépôts de chert — une pierre semblable au silex — particulièrement pauvres en carbone-13, dans des formations calcaires vieilles de 550 millions d'années. À l'origine, ce chert devait se trouver juste sous la surface du sol. Mais l'absence apparente de fossiles laissait encore plusieurs paléontologues sceptiques. Or, voici qu'un spécialiste en micro-fossiles de l'Université Tulane de la Nouvelle-Orléans vient de découvrir, dans les mêmes dépôts de chert, des filaments tubulaires microscopiques qui, de toute évidence, seraient d'origine biologique. Les plus anciens de ces fossiles auraient plus de 1,2 milliard d'années... ●

CARREFOUR DE LA TECHNOLOGIE

LA TECHNOLOGIE AU SERVICE DES ENTREPRISES

16 AU 18 MARS 1993, PALAIS DES CONGRÈS, MONTRÉAL

- UNE ACTIVITÉ INTERACTIVE POUR LES ENTREPRISES DÉTERMINÉES À RÉUSSIR
- LE LIEU DE RENCONTRE DES GENS D'AFFAIRES ET DES SPÉCIALISTES
- PLUS DE 150 STANDS D'EXPOSITION METTANT EN VEDETTE LES NOUVEAUX MATÉRIAUX, LES NOUVELLES TECHNOLOGIES ET LES SERVICES DE SOUTIEN
- CONFÉRENCES D'INFORMATION, DÉMONSTRATIONS, ATELIERS, VISITES TECHNIQUES...
- DÉCOUVREZ COMMENT INTÉGRER CES NOUVELLES TECHNOLOGIES DANS VOTRE ENTREPRISE POUR LA RENDRE PLUS COMPÉTITIVE!

INFORMATION:
JPD/L MULTI MANAGEMENT INC., 1410, RUE STANLEY, BUREAU 609, MONTRÉAL (QUÉBEC) H3A 1P8
TÉLÉPHONE: 514 287-1070, TÉLÉCOPIEUR: 514 287-1248



PRÉSENTÉ PAR LA CHAMBRE DE COMMERCE DU MONTRÉAL MÉTROPOLITAIN
SOUS L'ÉGIDE D'INDUSTRIE, SCIENCES ET TECHNOLOGIE CANADA
ET DE LA VILLE DE MONTRÉAL (CIDEM)



Une forêt d'éponges

Non, ce n'est pas une forêt pétrifiée. Les longs fossiles tubulaires qu'ont déterrés les paléontologues du musée royal Tyrrell dans le parc provincial Top-of-the-World, près de Cranbrook, en Colombie-Britannique, sont les restes d'animaux marins d'un type inconnu jusqu'ici. Ces fossiles, d'après ce que les chercheurs ont pu en tirer, seraient des éponges géantes — certains spécimens atteignent cinq mètres de hauteur — qui vivaient en eau profonde, piquées verticalement sur le fond marin, voici 440 millions d'années. On connaît encore fort peu de choses sur ces créatures, qui vivaient en colonies assez denses.

D'ailleurs, ces fossiles ne ressemblent à aucun autre connu, à part peut-être à certains spécimens recueillis à l'île d'Anticosti et au genre hippurite, un mollusque lamellibranche à l'allure de piquet de clôture qui vivait lui aussi en colonies sur le fond marin, mais au Crétacé, 300 millions d'années plus tard. ●

Big Bang : la « découverte du siècle » confirmée

Ils avaient vendu la peau de l'ours avant de l'avoir tué. L'an dernier, en apprenant que le satellite COBE avait pour la première fois mesuré d'infimes variations de température entre différentes régions de l'Univers, plusieurs chercheurs baignaient dans l'euphorie. Et pour cause. Le principal contre-argument à la théorie de Big Bang venait de tomber. « La découverte du siècle », s'enthousiasma le célèbre astrophysicien Stephen Hawking. (Il faut cependant se rappeler que la théorie du Big Bang et toute la physique qui la soutient ont été développées au cours du 20^e siècle, une période qui fut également marquée par la découverte des antibiotiques et de l'ADN.) George Smoot, qui a travaillé sur le COBE, a été plus mystique. Pour lui, lire les données du satellite équivaut à voir le visage de Dieu. Exit la Genèse, bienvenue l'astrophysique ! Un petit détail cependant : ni les mesures du COBE, ni les longs calculs qui ont suivi n'avaient été vérifiés. Une erreur était encore possible...

Travaillant avec d'autres types de détecteurs, montés sur des ballons lancés en haute altitude, des chercheurs américains ont répété l'expérience du COBE... et sont arrivés aux mêmes résultats. Ouf !

Quel est le lien entre le Big Bang et la température de l'Univers ? Le Big Bang a dissipé énormément de chaleur dans l'Univers, qui s'est graduellement refroidi. En théorie, la température de l'Univers devait être plus froide là où la matière s'est condensée pour former éventuellement des amas de galaxies. Mais jusqu'à récemment, on mesurait une température très uniforme, ce qui ennuyait énormément les astrophysiciens. Ils ne le disaient pas trop fort, mais leur théorie ne fonctionnait pas. D'où le soulagement en prenant connaissance des premiers résultats du COBE.

Une petite anecdote. Ce sont bien sûr les gens travaillant avec le COBE qui retiennent tout le prestige de la découverte. L'autre équipe, qui utilisait des ballons, a pourtant été la première à mesurer une différence de température. Ces chercheurs ont cependant mis trois ans à faire leurs calculs... qu'ils ont terminés quelques mois après l'annonce des résultats du COBE. ●

Envol à l'étalage

Ah, les voyages en avion ! Vous allez passer deux jours à Toronto et votre brosse à dents se retrouve à Bangkok. Si c'est gênant pour vous, imaginez le cauchemar que représente pour les sociétés aériennes la perte des bagages qui leur sont confiés. Et le risque, dans un contexte de terrorisme, de charger à bord d'un avion une valise qui n'appartient à personne.

Depuis quelques années, on a beaucoup raffiné les méthodes de repérage utilisées pour s'assurer que bagages et voyageurs prennent bien le bon — et surtout le même — avion. Ainsi, une entreprise suédoise vient de mettre sur le marché une étiquette de bagages quasiment infaillible. Noyée dans l'épaisseur du carton, une fine pellicule métallique forme un code que peuvent lire à distance des détecteurs électromagnétiques. L'étiquette elle-même n'émet aucun signal, ce qui permet de la fabriquer à peu de frais. Elle se contente de modifier le champ électromagnétique produit par les détecteurs selon un code qui lui est propre. C'est à peu près le même principe que celui qu'on utilise pour décourager le vol à l'étalage, sauf qu'en plus, il permet de déterminer avec exactitude ce qui est sur le point de ... s'envoler. ●

L'autobus des anticorps

Un formidable mal de bloc vous a-t-il déjà donné envie d'avaler un flacon d'aspirines sans même prendre la peine de le déboucher ? C'est justement ce que certains pharmacologues comptent faire pour se débarrasser d'un de leurs principaux maux de tête. Depuis l'avènement de la biotechnologie, on utilise de plus en plus les anticorps monoclonaux produits en laboratoire pour combattre maladies infectieuses, empoisonnements et cancers.

Hélas, ces anticorps n'ont pas toujours la spécificité qu'on leur souhaiterait. Plutôt que de se limiter à attaquer leurs proies « naturelles » — bactéries, virus ou cellules cancéreuses — ils se répandent dans la circulation sanguine et vont frayer avec des cellules saines qui n'ont aucun besoin de leurs services. Résultat : en cours de traitement, on ne trouve dans les tumeurs que deux fois plus d'anticorps monoclonaux que dans le reste de l'organisme. Cela ne fait pas de tort aux cellules saines, mais ce n'est guère efficace pour combattre les maladies.

Afin d'empêcher les anticorps de perdre ainsi leur temps en vaines ballades, des chercheurs américains ont eu l'idée de leur organiser des visites guidées et de les ... enfermer dans les autobus ! Le véhicule est une capsule de polymère, généralement soluble dans les liquides organiques, donc biodégradable, qu'on implante à l'endroit précis où on a besoin des anticorps. Ainsi stationné au milieu d'une tumeur, l'autobus des anticorps ne laissera descendre ses passagers que quelques-uns à la fois et selon un horaire soigneusement calculé. Ces capsules ont 3 mm de diamètre; elles sont donc assez petites pour qu'on puisse les injecter en place, mais trop volumineuses pour être emportées par la circulation sanguine. Coincées au milieu des cellules d'une tumeur, elles n'ont pas d'autre choix que de se dissoudre lentement, libérant au compte-goutte leur cargaison d'anticorps juste à l'endroit où il faut.

L'expérimentation de ce nouveau véhicule pharmacologique n'en est encore qu'à l'étape des animaux de laboratoire. On a obtenu des résultats encourageants dans le domaine de l'immunisation passive contre les maladies transmises sexuellement et dans la lutte contre certaines maladies du tube digestif, comme le choléra. Toutefois, les pharmaciens risquent d'avoir à consommer encore beaucoup de flacons d'aspirines — débouchés ou pas ! — avant d'être en mesure d'offrir à leurs patients ce nouveau mode de traitement. ●

Forer à la lumière de l'expérience

Comment peut-on juger de l'expérience d'un foreur qui travaille dans une mine ? En suivant le faisceau de sa lampe. Voilà ce que l'ergonome Luc Desnoyers, de l'Université du Québec à Montréal, conclut d'une étude qu'il vient de réaliser dans les petites mines d'or du Nord-Ouest québécois. Dans ces mines, les foreurs ne disposent que du faisceau étroit de leur lampe frontale pour voir ce qu'ils font. Or l'expérience leur apprend qu'il ne leur suffit pas d'être attentifs à leur travail pour éviter les accidents. Ils doivent aussi surveiller l'ensemble de la paroi d'abattage ainsi que la voûte de la galerie afin d'y déceler les mouvements susceptibles de détacher des rochers qui pourraient alors leur tomber sur la tête. Les foreurs novices, pour leur part, ne savent pas trop



où il faut regarder. On le constate facilement en voyant le faisceau de leur lampe se promener dans toutes les directions.

Les résultats de cette étude intéressent au plus haut point l'Institut de recherche en santé et sécurité au travail (IRSST). Afin de protéger les foreurs novices, on a en effet l'habitude de tapisser les parois dangereuses de grillage métallique. Excellente idée, mais qui les empêche d'apprendre à reconnaître le danger. ●

Quand les élèves font du cristal

Avec ce gros cristal de sulfate de cuivre de 176, 86 grammes, trois élèves d'une polyvalente de Dolbeau sont devenus champions canadiens de la croissance de cristaux.



Le principe de la cristallisation est simple, mais produire un cristal qui soit à la fois gros et régulier relève de l'art ! Voici la recette de nos gagnants.

- Préparer une solution saturée de sulfate de cuivre.
- Y suspendre un petit morceau de sulfate de cuivre solide. Comme la solution est saturée, le sulfate de cuivre dissous aura tendance à précipiter sur le cristal suspendu en respectant la structure du grain.
- Tous les jours pendant trois semaines, retirer le cristal, saturer la solution et y suspendre à nouveau le cristal.
- Ne pas refroidir brusquement la solution car le sulfate de cuivre précipiterait trop rapidement, formant un amas de petits cristaux.

« Le cristal des trois gagnants a la forme de feuilles empilées, formant un parallélogramme un peu incliné. C'est la structure orthorhombique typique du sulfate de cuivre », dit Denis Bussière, professeur de chimie à l'Université du Québec à Chicoutimi. Malheureusement pour eux, les jeunes ne pourront pas conserver éternellement leur trophée de 10 cm sur 10 cm. Dans le cristal, chaque molécule de sulfate de cuivre est associée à cinq molécules d'eau... qui ont déjà commencé à s'évaporer. En un mois, le cristal a perdu un gramme et d'ici deux ans, sa surface commencera à s'effriter. ●

Québec Science facile à consulter



La reliure *Québec Science* a belle apparence. De plus, elle est solide, pratique, facile d'entretien.

Un grand nombre (84,7 %) des abonnés de *Québec Science* disent qu'ils conservent leur magazine*. La reliure est l'outil idéal pour garder intacts vos *Québec Science* et retrouver rapidement les dossiers, articles ou chroniques qui vous intéressent.

Chaque reliure peut contenir 12 numéros de *Québec Science*.

*Enquête QS-CREST, mai 1991



Je désire recevoir _____ reliure(s) au prix de _____

Nom _____ Prénom _____

Adresse _____ app. _____

Ville _____ Province _____

Code postal _____ Pays _____

Chèque Mandat-poste Visa MasterCard

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

N° de carte _____ Date d'expiration _____

Signature _____

Détachez et expédiez à Québec Science. C.P. 250, Sillery, Québec G1T 2R1

Tarifs

1 reliure : 9,82 \$

3 reliures : 23,69 \$

5 reliures : 34,67 \$

(TPS, TVQ et frais d'expédition inclus pour le Canada)

Veuillez prévoir environ quatre semaines pour la livraison.

Cette offre expire le 31 mars 1993.

Télécommunications

Diagnostic par satellite

Plusieurs médecins africains sont mal informés sur les maladies, en plus d'être isolés de leurs collègues à cause de l'indigence du système téléphonique. Le réseau médical international *HealthNet* leur donne désormais accès aux développements les plus récents des connaissances médicales.

par Benoît Chapdelaine

L'histoire se passe au Zimbabwe, tout près de la frontière du Mozambique. Un agent de lutte épidémiologique découvre plusieurs cas de choléra. Pour prévenir l'épidémie, il doit aussitôt téléphoner à un collègue de l'autre côté de la frontière. Mais il n'a jamais obtenu la communication... Un problème qui est très courant. Ou plutôt, qui était très courant. Car de nombreux médecins africains, qui manquent pourtant de médicaments et d'appareils médicaux, peuvent maintenant transmettre leurs messages directement par satellite.

Ils utilisent *HealthNet*, un nouveau réseau de communication électronique qui aide les médecins dans les régions où

l'information sur les maladies circule mal. Pour l'instant, les pays abonnés sont la Zambie, l'Ouganda, le Kenya, le Mozambique et la Tanzanie. L'initiative vient de *SatLife*, un organisme sans but lucratif de Cambridge, près de Boston.

HealthNet a ainsi permis à un médecin zambien de sonner rapidement l'alarme d'une épidémie de méningite, puis de consulter ses collègues sur l'utilité d'une campagne de vaccination. En octobre dernier, le réseau a servi à diffuser les observations d'un pédiatre de l'Université de Zambie sur le développement du sida chez les enfants.

« Nous acheminons en moyenne 50 messages par jour entre différents pays d'Afrique », dit Char-

les Clements, le directeur général de *SatLife*.

Les médecins africains peuvent aussi échanger de l'information avec des collègues nord-américains, ce qui est parfois très pratique. Par exemple, le manque d'argent empêche depuis une douzaine d'années la principale université d'Ouganda de s'abonner aux revues médicales. Sans ces revues, les informations scientifiques et épidémiologiques qui parviennent à une université sont très fragmentaires. Impossible de s'attaquer à la pandémie de sida et aux nombreux autres problèmes de santé dans ces conditions. Mais grâce à *HealthNet*, l'Université a maintenant accès gratuitement à une sélection d'articles du *New England Journal of Medicine*, ce qui est déjà beaucoup. En septembre dernier, un médecin zambien recevait en moins de 24 heures le résumé d'un article sur le sida qu'il avait demandé d'urgence à l'Université de Floride.

SatLife est en partie financé par le CRDI, le Centre de recherches pour le développement international à Ottawa. Le Canada participe également via l'Université Memorial de Terre-Neuve, qui est chargée de transmettre toutes les informations médicales nord-américaines jugées utiles pour l'Afrique. Pour les médecins africains, le service est gratuit. ●

Le cri du bois qui sèche

Dans la construction ou l'ébénisterie, il faut du bois sec. On peut se contenter d'empiler les planches et de les laisser sécher à l'air durant quelques années ou, si l'on n'a pas trop de temps à perdre, on peut les sécher au four. Mais le bois est capricieux et c'est une opération délicate. Comme en séchant, le bois se contracte, il se fendille si le cœur ne sèche pas au même rythme que la surface. Il est donc essentiel de régler la température du four — et surtout le degré d'humidité qui y règne — d'une manière très précise et adaptée non seulement à l'essence du bois qu'on y fait sécher, mais encore au lot de planches qu'on a sous la main. Même les plus expérimentés des exploitants de séchoirs perdent jusqu'à 70 % de certaines variétés de bois francs qui leur sont confiées.

L'institut australien de recherche pour l'industrie du meuble a mis au point un système ingénieux pour ajuster les paramètres de séchage. Les artisans du bois connaissent bien les craquements parfois impressionnants qui accompagnent le fendillement d'une planche au moment où elle sèche. Tout comme les tremblements de terre, ces craquements sourds sont toujours précédés de bruits avant-coureurs quasiment inaudibles. En appliquant des microphones très sensibles sur le bois qui sèche, les chercheurs australiens arrivent à prévoir les « secousses » importantes et à régler le séchoir de manière à les éviter. ●



Photo : SatLife

Les médecins africains ont accès gratuitement aux informations médicales les plus récentes.

La technologie à la rescousse

Produire et distribuer toute notre électricité de façon efficace et sans danger pour l'environnement, c'est tout un casse-tête. Bien sûr, si on la compare au nucléaire et aux centrales thermiques, l'hydroélectricité est une source d'énergie propre. Mais elle requiert qu'on harnache des rivières pour y construire des barrages et des lignes de transport dont les impacts sociaux et environnementaux sont localisés mais bien réels. La saga de Grande-Baleine est bien connue mais les mêmes problèmes se posent, en miniature, pour les petites centrales (voir l'article en page 23). Il s'agit donc de trouver tous les moyens possibles d'éviter la construction d'infrastructures inutiles. Dans ce contexte, l'efficacité énergétique devrait partout être une priorité. Mais on doit aussi améliorer l'efficacité du réseau existant, ce à quoi Hydro-Québec s'est affairée au cours des dernières années. En lisant l'article en page 20, vous constaterez qu'il y avait du pain sur la planche, mais que cela valait sans doute la peine ! Une des technologies à l'essai, la compensation série, permettrait par exemple d'éviter de construire 2000 kilomètres de lignes à haute tension.

Évidemment, le problème de fond, celui de l'inexistence d'une politique énergétique québécoise, n'est pas réglé. La commission parlementaire qui siège ce mois-ci devrait alimenter le débat. Ne faisons pas comme la Suède qui, de moratoire en règlement, s'est acculée elle-même au pied du mur (voir l'article en page 22).

La lutte contre les pannes

Le réseau d'Hydro-Québec vieillit, mais les pannes sont malgré tout beaucoup moins nombreuses qu'avant. La société d'État leur a déclaré la guerre.

par Benoît Chapdelaine

Dans les années 70, on avait presque toujours une panne générale par année. Cette époque « noire » est maintenant révolue. La mise en marche progressive du complexe La Grande, à la Baie James au début des années 80, a réglé la plupart des problèmes de surcharge qui affectaient autrefois le réseau. Et après la panne générale du 14 décembre 1982, survenue par un froid glacial, Hydro-Québec a entrepris une vaste révision de la fiabilité du réseau de lignes à haute tension.

Les pannes sont pourtant courantes, mais habituellement, l'abonné ne réalise même pas qu'un poste ne répond plus ou qu'une ligne s'est accidentellement décrochée du réseau. Les autres postes ou lignes compensent alors pour la perte ! En période de pointe cependant, une avarie majeure peut mener à une panne générale... provoquant frustration chez les abonnés québécois et angoisse à la société d'État. Les compagnies d'électricité américaines, qui craignent les pannes comme la peste, hésiteraient alors à acheter notre électricité.

Imaginez qu'en pleine heure de pointe, une panne affecte une ligne de 5000 mégawatts menant aux États-Unis. La variation subite de tension pourrait plonger le nord-est américain dans le noir, explique Jean-Pierre Gingras, responsable de la Division conception du réseau de transport principal. Les Américains n'ont sûrement pas envie d'imaginer New-York sans éclairage ! Sans compter qu'il faut beaucoup plus de temps pour réactiver une centrale thermique, nombreuses aux États-Unis, qu'une centrale hydroélectrique.



La carte informatisée du Centre de conduite du réseau d'Hydro-Québec donne une vue d'ensemble en temps réel de tout le réseau hydro-électrique. Les répartiteurs y font la gestion de la production et du transport de l'électricité, de même que des échanges avec les réseaux voisins.

Moins de pannes

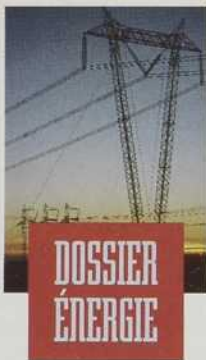
Pour répondre aux exigences de fiabilité américaines, Hydro-Québec s'est attaquée à la variation de tension, une cause importante de pannes. Le réseau de transport hydro-québécois est particulièrement vulnérable à ces sautes de tension, à cause de la longueur des lignes (1000 km Montréal-Baie James et 1400 km Montréal-Churchill Falls). Ces variations de tension sont essentiellement provoquées par les fluctuations dans la demande d'énergie. On produit et transporte plus d'énergie à 18 heures, quand le Québec entier prépare son souper, qu'à cinq heures du matin ! À défaut de pouvoir changer le mode de vie de tous ses clients, Hydro-Québec s'ajuste à la demande et livre plus d'électricité aux heures de pointe, ce qui risque de faire chuter la tension sur le réseau. Une solution : la compensation série. Hydro-Québec y investit 1 milliard \$, soit les deux tiers du montant global prévu pour améliorer la fiabilité du réseau.

Il s'agit d'installer des séries de condensateurs à certains endroits le long des lignes à haute tension, de façon à maintenir la tension constante. Ces condensateurs accumulent les surplus pendant les périodes creuses et les restituent aux heures de pointe. Ils agissent comme des groupes de supporteurs qui encouragent le marathonien à continuer sa course en limitant les risques de défaillance !

En plus de contrôler la tension, les compensateurs série réduisent aussi les risques de courts-circuits sur les lignes à haute tension. « Il s'en produit une trentaine par année », signale Jean-Pierre Gingras. Ces courts-circuits sont souvent provoqués par la foudre.

Hydro-Québec compte sur les compensateurs pour augmenter éventuellement de 2000 mégawatts à 2600 mégawatts la capacité de transport de chacune des lignes qui transportent l'électricité à partir des grands barrages. Parmi les huit lignes qu'on prévoit construire, trois deviendraient ainsi inutilisées... si le système est efficace. « On éviterai

le construire 2000 kilomètres de ligne », dit Jean-Pierre Gingras. Économies ? Non. Actuellement, 6 % de l'électricité est perdue entre le barrage et les grands centres de consommation. En augmentant la puissance des lignes, les pertes augmenteraient à plus de 6 %. L'argent économisé en évitant de construire trois nouvelles lignes serait ainsi perdu en électricité ! Mais l'image « environnementale » d'Hydro-Québec en bénéficierait certainement. Moins de régions seraient léguées par une ligne de haute tension et moins de gens mécontents contesteraient les décisions d'Hydro.



fois », dit Radu Manoliu, chef de projets pour les systèmes-experts. Et le problème qui n'est pas diagnostiqué en 30 secondes commence à se propager. La pression que subit alors l'opérateur peut lui causer un blocage intellectuel, explique monsieur Manoliu.

À compter de mai prochain, les opérateurs de trois des neuf Centres d'exploitation régionaux auront une aide informatisée. Ils utiliseront le système-expert Langage (Logiciel d'analyse et de gestion des alarmes généralisé), mis au point par Hydro-Québec.

« Langage n'élimine pas les pannes, tient à souligner Radu Manoliu, mais permet de rétablir le service plus vite. » Le logiciel réunit en fait l'expertise de 12 humains. En moins de 30 secondes, il complète ses déductions logiques sur les causes de l'incident et propose à l'opérateur une série de diagnostics.

Pourquoi pas un seul diagnostic ? Les 150 alarmes qui défilent à l'écran n'ont pas nécessairement été déclenchées par une même cause. Par exemple, quelqu'un peut sectionner une ligne en creusant à Repentigny, deux minutes avant qu'un éclair frappe un transformateur à Joliette.

Le logiciel pourrait aussi suggérer des solutions à l'opérateur, mais pour l'instant, on n'exploite pas cette capacité. Pourquoi ? Les opérateurs auraient rejeté une technologie

qui ne leur laisserait pas le dernier mot, explique Radu Manoliu. Bref, le logiciel aurait été « tabletté » ! « On attend donc que les opérateurs demandent eux mêmes le nouveau service », poursuit le chef de projets pour les systèmes-experts.

La Baie James ne répond plus !

Pour garder l'œil sur le réseau, il faut, on s'en doute, un bon système de communications... qui vieillit lui aussi. Entre régions éloignées, les employés et les ordinateurs d'Hydro-Québec communiquent essentiellement par radio, dont les ondes sont transmises par un réseau d'antennes montées sur les lignes. Or le système n'est pas parfait. « Il y a deux ans, on a perdu la Baie James ! se souvient Pierre Lemieux, chef de division du réseau de transmission. Pourtant, c'était une journée ensoleillée. Mais il y avait de la neige au sol, et le mélange d'air froid et d'air chaud faisait réfléchir des ondes. » La communication a donc été coupée ! Les trois quarts des 213 sites qui composent le réseau d'antennes seront devenus trop vieux en 2004 ; si on les remplace, s'est dit Hydro-Québec, autant augmenter leur efficacité. Hydro-Québec a donc commencé cette année à remplacer ses antennes par des câbles de fibre optique. Les 7300 kilomètres de câbles se promèneront d'un pylône à l'autre et serviront en même temps de

Des pannes plus courtes

L'entretien de l'équipement pose aussi problème. « Certains transformateurs n'ont pas été vérifiés depuis 10 ans à cause d'un manque budgétaire, alors que d'autres ont été inspectés plusieurs fois inutilement », souligne Claude Charpentier, l'un des responsables de l'ingénierie pour l'équipement du réseau de transport.

C'est pourquoi Hydro-Québec élabore des dispositifs qui permettront de diagnostiquer en permanence « l'état de santé » des transformateurs, disjoncteurs et autres équipements électriques. « Plutôt que d'envoyer une équipe ouvrir un transformateur qui n'en a pas besoin, on pourra l'envoyer là où il y a vraiment un besoin », dit-il. Claude Charpentier compare d'ailleurs les équipements d'Hydro-Québec à une voiture dont l'huile est systématiquement vidangée à tous les trois mois : parfois c'est vraiment nécessaire, mais à l'occasion, ça pourrait attendre un peu.

Malgré tous ces efforts de prévention des pannes, le verglas, les accidents et plusieurs autres problèmes restent inévitables... et ne viennent à peu près jamais seuls. Un transformateur qui saute à cause de la foudre provoque une cascade d'événements dans le réseau. L'employé du Centre d'exploitation régional verra alors 250 alarmes défilier à l'écran de son ordinateur. Son défi : les faire taire sans détruire d'appareils et — idéalement — sans avoir à débrancher des abonnés. Parmi les 40 000 appareils reliés à l'ordinateur, jusqu'à 300 déclencheront une alarme lors d'une tempête de neige, et 15 000 lors d'une panne générale. (Cependant, certaines de ces « alarmes » indiquent simplement qu'un système de sécurité s'est déclenché et a fonctionné normalement.)

« Les meilleurs opérateurs ne peuvent pas résoudre plus de 40 à 50 événements à la

Hydro et ses robots

« Les Américains réparent leurs lignes à haute tension par hélicoptère, dit Alain Brosseau, vice-président technologie et IREQ à Hydro-Québec. Nous avons une approche plus... sécuritaire. » De fait, la société d'État fait maintenant faire certains travaux dangereux par des robots !

UTÉ, un robot fraîchement sorti des laboratoires de l'IREQ, l'Institut de recherche d'Hydro-Québec situé à Varennes, près de Montréal, est mis à l'épreuve cette année dans la région de Québec. UTÉ (Unité de téléopération, de son vrai nom) permet de travailler sur une ligne de distribution, qui passe par exemple dans votre rue, sans avoir à couper l'électricité. Le prochain défi des ingénieurs de l'IREQ : modifier UTÉ pour qu'il puisse travailler sur les lignes à plus haut voltage, celles qui transportent l'électricité depuis les barrages.

Hydro-Québec a aussi mis au point deux robots-soudeurs qui, contrairement aux humains, acceptent de travailler sans répit et dans des conditions souvent difficiles. Un autre robot, muni d'une caméra, est chargé d'examiner l'intérieur des barrages.

Le robot UTÉ, mis au point par Hydro-Québec, évitera aux travailleurs de se retrouver dans des situations dangereuses.



paratonnerres. La fibre optique présente le double avantage de transporter énormément d'information (10 fois plus que les liaisons radio) sans que le signal ne soit perturbé par des phénomènes atmosphériques. « Rien ne peut empêcher la lumière de circuler dans la fibre optique », précise Pierre Lemieux. Coût total de l'amélioration du système : 385 millions \$.

Le réseau hydro-électrique est comme un jeu de cartes appuyées les unes sur les autres. Si l'une des cartes tombe, un mécanisme de protection doit immédiatement la détecter et la remplacer, car une réaction en chaîne pourrait endommager des appareils coûteux. La panne générale d'avril 1988 a ainsi coûté plus de 6 millions \$ en réparations, principalement à la Baie James, alors que le problème venait du verglas sur les isolateurs du poste Arnaud, sur la Côte Nord ! Dans ce contexte, aucun élément ne doit être négligé. C'est pourquoi Hydro-Québec a mis six ans pour reviser la fiabilité de son réseau de transport et qu'elle a décidé d'investir 1,5 milliards \$ pour le restaurer. ●

La boutique d'Hydro-Québec

Non, Hydro-Québec ne vend pas seulement de l'électricité. La société d'État a même un produit vedette : la pile ACEP (pour accumulateur à électrolyte polymère), développée à l'IREQ. Hydro-Québec espère que les fabricants d'automobiles miseront sur cette technologie pour leurs voitures électriques. La société d'État a d'ailleurs répondu en 1992, de concert avec la compagnie américaine 3M, à un appel de propositions d'un consortium réunissant les trois géants de l'auto américains. La proposition qui sera retenue, vraisemblablement cette année, profitera d'un financement considérable pour accélérer la recherche et le développement d'une voiture électrique vraiment performante.

La Californie exige que les fabricants d'automobiles y vendent des voitures électriques en 1998. Selon le vice-président Technologie et IREQ d'Hydro-Québec, Alain Brosseau, la pile ACEP pourrait éventuellement générer d'énormes revenus au Québec, et même nous amener une chaîne de montage de voitures électriques. Depuis 1991, ACEP Inc. appartient à part égales à Hydro-Québec et la firme japonaise Yuasa Battery, qui gèrent ensemble un portefeuille d'une centaine de brevets en accumulateurs à électrolyte polymère.

Hydro-Québec a d'autres projets. Une de ses filiales, Nouveler, facilite la commercialisation de produits hydro-québécois en investissant dans des entreprises existantes, ou en en créant de nouvelles.

L'un de ces produits, Mosaïque, est un logiciel qui illustre le réseau électrique dans ses menus détails, avec agrandissement de la zone désirée. La ville de Londres l'a acheté pour illustrer son réseau d'aqueduc. Le système-expert Langage (voir l'article principal) a lui aussi été conçu pour s'adapter à d'autres types de grands réseaux. Il pourrait éventuellement être vendu à des producteurs d'électricité américains, ou même à Bell Canada, qui a récemment manifesté de l'intérêt, selon Radu Manoliu.

Certains produits d'Hydro-Québec sont plus prosaïques. Cette année, notre fournisseur d'électricité commercialisera un nouveau chauffe-eau domestique qui consomme moins d'énergie.

Le dilemme suédois

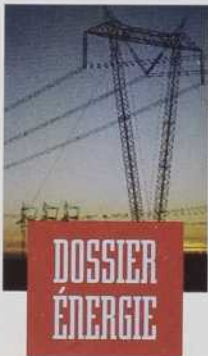
Un mégawatt à l'envers, un mégawatt à l'endroit

Démantèlement des centrales nucléaires, moratoire sur le développement hydroélectrique. La Suède avait un programme à la hauteur de ses idéaux environnementaux. Mais les principes se heurtent à une réalité difficile.

par René Vézina

La Suède est un pays nordique doté d'une puissante infrastructure industrielle, un pays dont les besoins en énergie sont élevés. La Suède est également traditionnellement sympathique aux courants environnementaux. C'est là au départ une recette explosive, d'autant plus que la moitié de son approvisionnement en électricité vient de centrales nucléaires. Une loi issue d'un référendum tenu en 1980 prévoyait d'ailleurs le démantèlement progressif des 12 réacteurs nucléaires du pays, intention renforcée par l'accident de Tchernobyl, qui a déversé sur la péninsule scandinave de fortes quantités de retombées radioactives. Toute l'opération devait être entreprise dès 1995 pour être complétée en 2010. En principe.

Mais... les meilleures idées peuvent s'égratigner au contact de la dure réalité. La Suède traverse actuellement une crise économique tenace. Son taux de chômage oscille présentement entre 7 et 8 %, une bénédiction selon nos standards, mais une catastrophe là-bas. On ne peut plus hausser impunément les coûts de l'énergie. Comment donc remplacer ces précieux mégawatts nucléaires ? L'hydroélectricité n'est pas la solution, puisqu'on a décrété un moratoire sur le harnachement des quatre derniers fleuves sauvages dans le nord du pays. Des centrales thermiques ? Dans cette partie du monde affectée par les précipitations acides issues de l'Europe continentale, le charbon a très mauvaise presse, tandis que l'utilisation d'hydrocarbures risque d'accélérer le réchauffement de la planète par gaz carbonique interposé. Alors ?



En gens pragmatiques, les Suédois tentent maintenant de composer avec les circonstances. La première centrale thermique au monde alimentée à partir de mazout résiduel, produit au terme du processus de raffinage, sera mise en service en 1994 pour fournir 350 MW d'électricité, environ 1,5 % de la production nationale d'électricité. Le gaz naturel gagne aussi en faveur, et on pense construire de nouvelles centrales thermiques qui fonctionneraient avec du gaz importé de la Norvège ou du continent. On parle même de « plantations énergétiques » d'arbres à croissance rapide pour servir de combustibles à d'autres centrales thermiques. Mais toutes ces mesures compensatoires ne seront évidemment pas suffisantes pour suppléer au manque à gagner si le nucléaire est mis au rancart. Le gouvernement a donc décidé de retarder le démantèlement des centrales existantes. Comme raison officielle, il invoque l'opposition du public à l'entrée en scène du mazout ou du gaz naturel, jugés plus polluants. Et il grattera les fonds de tiroir pour accroître son efficacité énergétique et aller chercher les derniers mégawatts hydroélectriques disponibles, sans remettre en cause, pour l'instant, le statut des fleuves protégés.

Dans les faits, le nucléaire l'emporte donc par défaut. Les écologistes pourraient protester, mais on les entend moins, puisqu'ils ont été balayés du Parlement suédois par la vague conservatrice aux dernières élections... ●

Small is beautiful ... Ah oui, vraiment ?

Les méga-projets hydroélectriques coûtent trop cher et endommagent l'environnement. Qu'à cela ne tienne ! Construisons de petites centrales aux impacts minimes. Mais tout n'est pas si simple...

par René Vézina

Vous avez l'habitude d'aller rêvasser au bord d'une chute sauvage ? Ou d'aller vous réfugier quand le temps le permet dans un chalet le long d'une petite rivière impétueuse ? Dans ce cas, surveillez bien les journaux de votre région. Vous pourriez bien y apprendre que votre petit paradis a été « choisi » pour accueillir une micro-centrale hydroélectrique. *Small is beautiful* ? Pas toujours, répond l'écho. Et plusieurs mouvements écologistes québécois commencent à remettre en cause l'innocence de projets supposément complices du développement durable.

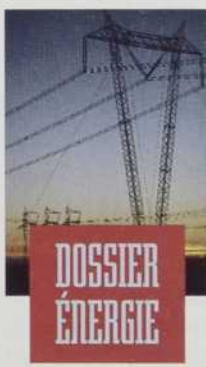
La question se pose aux quatre coins du Québec, à Sainte-Christine de Portneuf, à Rimouski, à Val-Jalbert et ailleurs. Dur retour à la réalité, alors qu'on croyait avoir trouvé une bonne façon de répondre aux reproches des environmentalistes. Le Québec ne fait pas ses devoirs ? Il met en place des méga-projets alors qu'il néglige les fonds de tiroirs ? Qu'à cela ne tienne. Il suffit de redonner à l'hydroélectricité ses lettres de noblesse en conciliant interventions douces et retombées économiques régionales avec de petits projets hydroélectriques.

C'est dans cet esprit que la ministre québécoise de l'Énergie et des Ressources, Lise Bacon, avait tendu la main en septembre 1990 aux producteurs privés en demandant à Hydro-Québec de sacrifier une menue partie de son monopole. Hydro avait jusque-là le contrôle exclusif de la production à des fins de revente. Elle acceptait maintenant d'acheter l'électricité que les petits producteurs pou-



À Rimouski, on songe à restaurer ce vieux barrage en ruines. Un des scénarios envisagés pourrait submerger un parc pédestre.

vaient lui proposer, pourvu que la puissance de ces installations soit inférieure à 25 mégawatts. Au départ, ce programme touchait le domaine public, qui couvre la plus grosse partie du territoire québécois. Des sites allaient être libérés, sous bail, pour être confiés à des promoteurs capables de répondre aux exigences techniques, économiques et environnementales du ministère. Mais il existe aussi des sites privés, hérités du régime seigneurial ou du XIX^e siècle, tout aussi intéressants. Eux aussi allaient aussi pouvoir accueillir des micro-centrales, sans être soumis au même tamis gouvernemental, en autant, toutefois, que le ministère de l'environnement émette les autorisations nécessaires. On pourrait ainsi aller chercher 300 mégawatts d'électricité quasi inoffensive. À la fin de 1992, environ 75 projets avaient été approuvés ou étaient en voie de l'être, et de nouveaux s'ajoutaient régulièrement à la liste. Tout allait pour le mieux. Le pactole ?



Des micro-effets ?

« Oui, sauf que ce n'est pas parce qu'on met en place une micro-centrale qu'elle ne produit que des micro-effets », dit Yves Guérard, président du GRAME, ou Groupe de recherche appliquée en macro-écologie. Le GRAME a confectionné un modèle des impacts potentiels des micro-centrales au Québec, pour en arriver à la stupéfiante conclusion que lesdits impacts pourraient être plus importants que ceux attribués à un méga-projet comme celui de Grande Baleine! « Ce n'est encore qu'une projection théorique, prend-il soin de préciser, mais il est certain qu'on ne fait pas d'économie d'échelle avec ces impacts répétés. Chaque centrale s'accompagne de ses propres effets : empiètement, détournement d'eau, etc. » Et pour bien dissiper toute ambiguïté quant à un possible parti pris, Yves Guérard ajoute que son groupe est plutôt favorable à l'hydroélectricité comme source d'énergie. Selon les circonstances...

« Ça me fait sourire, répond Pierre Dumas, ingénieur, directeur-général de la fir-

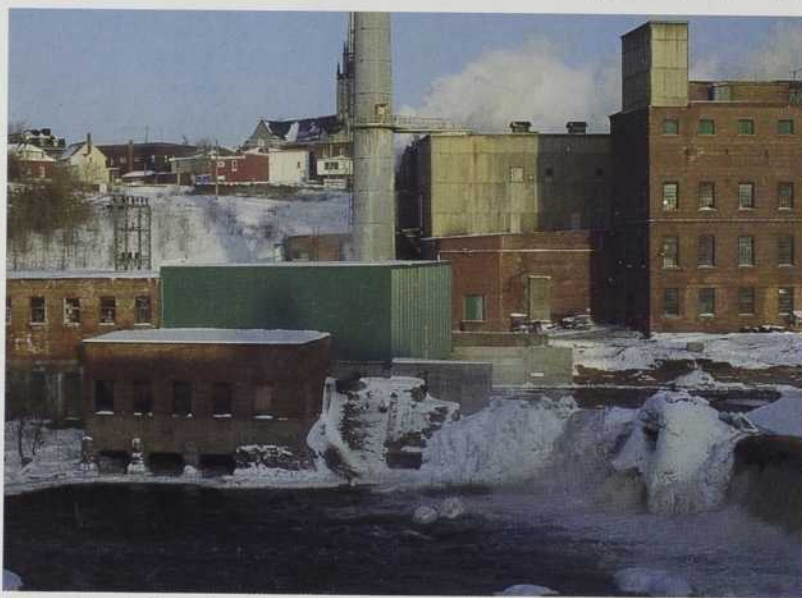
me de consultants Écohydro et secrétaire de l'Association des producteurs privés d'hydro-électricité du Québec. On peut évidemment prendre un hypothétique mauvais cas et additionner arithmétiquement les conséquences. Mais la vérité est que les micro-centrales offrent une rare occasion de conjuguer environnement et économie. » D'intéressantes réalisations, à Rivière-du-Loup, East Angus et ailleurs, contribuent à lui donner raison. De son côté, Écohydro a réalisé pour le compte d'un promoteur des études détaillées concernant le réaménagement de trois micro-centrales sur la rivière Jacques-Cartier, près de Québec, en gagnant la confiance des municipalités, des groupes communautaires et des associations sportives. « Nous avons un credo, poursuit-il, il faut que ces projets profitent à tout le monde. Et c'est possible. »

Faut-il vraiment avoir confiance ? C'est la question que se posent des citoyens de la région de Portneuf au moment où se termine la construction d'une micro-centrale près de la chute à Gorry, sur la rivière Sainte-Anne, près du village de Sainte-Christine. Claude Rompré, de la Corporation d'aménagement de la rivière Sainte-Anne, a tout essayé depuis deux ans pour obtenir des précisions sur le projet. Il a d'abord frappé un mur auprès du ministère de l'environnement, avant d'être débouté par la Commission d'accès à l'information. « La centrale est placée dans un endroit où s'est produit un important glissement de terrain en 1894. C'est un premier problème. Le deuxième, c'est que la chute est magnifique et que nous aimerions la préserver. On nous dit que le producteur doit laisser un débit d'eau suffisant. C'est à voir. Pour terminer, notre Corporation travaille à réintroduire le saumon dans la rivière Sainte-Anne. Que pensez-vous qu'il arriverait aux saumoneaux s'ils devaient être entraînés dans les turbines lorsqu'ils dévalent la rivière, au printemps ? »

Les Français s'inquiètent aussi. La Fédération québécoise du saumon de l'Atlantique (FQSA) s'est d'ailleurs émue suffisamment de cette perspective pour inviter l'automne dernier, lors d'un colloque international, un expert français en la matière. Les propos de Michel Larinier, docteur-ingénieur au Conseil français des pêches, n'avaient rien de très rassurant. Il faut savoir que 1 500 mi-

cro-centrales parsèment actuellement le territoire français, et que leur conception n'est pas à l'abri de tout reproche. « L'expérience française, concluait-il, montre que malgré toutes les mesures compensatoires, comme les passes migratoires, l'impact des micro-centrales est rarement neutre. Dans le meilleur des cas, elles induisent des retards dans les migrations. » Dans le pire ? On risque de bloquer la circulation des poissons en rivière, et de déséquilibrer du même coup ce fragile écosystème.

La FQSA a donc choisi de mettre sur pied un comité pour évaluer le dossier des micro-centrales. C'est aussi l'attitude prise par les pêcheurs sportifs de la rivière Rimouski, qui suivent de près l'évolution d'un projet visant à harnacher la rivière à l'entrée d'un magni-



La compagnie Cascades, d'East Angus, a restauré un vieux barrage hydroélectrique situé au milieu de la ville. Comme le barrage existait déjà pratiquement sous sa forme actuelle, l'impact sur l'environnement a été minime.

fique canyon naturel, juste en amont de la ville. Les amateurs de saumons se demandent ce qu'il adviendrait des poissons obligés de descendre à travers les turbines ; ils sont également préoccupés par le sort d'une belle fosse située à quelques centaines de mètres de l'endroit où ressortiraient les eaux bouillonnantes. Le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche mène une étude. Il n'a cependant pas pour mandat d'évaluer le sort du parc pédestre, en bordure du canyon, qui pourrait être submergé si un des scénarios de réservoir était retenu.

« C'est encore le règne de l'arbitraire », déplore Christian Simard, de l'Union québécoise pour la conservation de la Nature. « Oui, le ministère de l'Énergie et des Ressources a une grille d'analyse des projets. Mais il demeure juge et partie, et les projets sur les sites privés échappent de toutes façons à son examen. » Le ministère de l'envi-

ronnement ne doit-il pas de toutes façons émettre des certificats d'autorisation ? « Parlons-en ! La nouvelle loi 61 et le règlement qui l'accompagne ne font que consacrer le flou en ce qui concerne les évaluations environnementales. » On y parle d'impacts « mineurs » pour les projets de moins de 10 mégawatts, d'impacts « majeurs » pour ceux de plus de 100 mégawatts, et d'impacts « mineurs ou majeurs » entre les deux. Classification nouvelle, qui comporte sa part de conséquences pour la tenue d'une audience publique. Dans le dernier cas, elle serait facultative, selon ce qu'en décide le Conseil des ministres. Et les projets à impact dit « mineur » en seraient tout simplement exemptés. Christian Simard n'est pas d'accord. « C'est encore la stratégie du cas par cas, sans contrôle public », conclut-il.

Même son de cloche au Saguenay-Lac Saint-Jean où le plus vieux Conseil régional de l'environnement du Québec s'interroge sur l'avenir de la chute bien connue de Val-Jalbert, qui excite maintenant la convoitise de quelques promoteurs. « Évidemment, dans une région où le taux de chômage est élevé, on risque de se faire crucifier si on questionne le bien-fondé d'un investissement de quelques millions de dollars, déclare Pierre Tremblay, chargé de projet au Conseil. Mais au rythme où vont les choses, il ne restera plus une seule rivière sauvage, grosse ou petite, par chez nous. À quand ce

fameux débat public sur l'énergie au Québec ? »

Entre le développement durable, la mise en valeur des ressources et la préservation intégrale des lieux naturels, les petites centrales cherchent leur véritable mission. Leur prospérité n'est même pas acquise alors que des promoteurs se retirent en douce faute de financement, comme sur la Jacques-Cartier où les propositions d'Écohydro attendent de nouveaux investisseurs. Ce n'est pas tout : de nouveaux joueurs arrivent qui viennent singulièrement compliquer la situation. À Val-Jalbert, Hydro-Innu vient de contester le projet initial en présentant le sien propre, de moindre envergure. Particularité digne de mention, Hydro-Innu est la propriété des Montagnais de Pointe-Bleue, qui revendiquent d'ailleurs une bonne partie du territoire environnant. Cela ne vous rappelle-t-il pas quelque chose ? ●

La vie secrète du Biodôme

La visite du Biodôme nous en met plein la vue. Mais l'invisible y est tout aussi impressionnant... et tient en haleine toute une équipe de spécialistes.

par Josée Desranleau



L'entomologiste Susan Johnson veille à tenir en respect les populations d'insectes du Biodôme.

Agacé par leurs piailllements, l'empereur de Chine décréta un jour l'extermination des moineaux. Citadins et paysans les traquèrent donc sans merci. Vous devinez la suite ? Au bout de quelques mois, une terrible infestation de chenilles ravagea les récoltes et les gens affamés apprirent à leurs dépens que les moineaux avaient, après tout, une certaine utilité... Morale : dans un écosystème, chaque espèce joue un rôle et toute interférence de notre part peut compromettre l'équilibre délicat de l'ensemble.

Imaginez maintenant l'énergie et l'intelligence qu'il faut déployer pour des écosystèmes reproduits artificiellement. Au Biodôme

de Montréal, quatre milieux naturels (forêts tropicale et laurentienne, Saint-Laurent marin et zone polaire) ont été créés de toute pièce à l'intérieur d'un ancien vélodrome. Mais l'intégration harmonieuse des espèces qui y vivent, clandestinement ou de plein droit, a de quoi tenir en haleine toute une équipe de spécialistes.

Lorsque l'entomologiste Susan Johnson, entre en fonction, deux semaines seulement avant l'ouverture du Biodôme, certains végétaux sont en place depuis près de six mois... Certains ravageurs aussi, malheureusement ! Ceux qui sont entrés dans les écosystèmes ont voyagé sur une motte de terre, dans un repli d'écorce, parfois sous forme d'œuf ou de larve. Faute d'ennemi naturel, souvent, ils prospèrent à vive allure une fois à l'intérieur.

Les insectes, c'est la vie !

Plusieurs espèces de cochenilles et de pucerons endommagent les plantes, sans compter les mineuses, les thrips et les tétranyques (avec leurs huit pattes, ces derniers sont des arachnides et non des insectes, qui ont toujours six pattes). En outre, il faut songer à contrôler les mouches qui prolifèrent autour des plats de nourriture des animaux. Comme si cela ne suffisait pas, on trouve une coquerelle américaine de type tropical derrière la grotte des chauves-souris, un endroit inaccessible où passent les conduits de ventilation : l'idéal pour leur prolifération...

Tous ces problèmes ne prennent pas les spécialistes au dépourvu : ils savent qu'ils gèrent un ensemble vivant où chaque espèce lutte pour survivre. L'important, pour eux, c'est d'atteindre un équilibre satisfaisant. En effet, fini le temps où l'on croyait pouvoir stériliser des cultures et exercer un contrôle total sur leurs ennemis ! Aujourd'hui, on sait

qu'on doit tolérer les ravageurs en autant que leur nombre demeure en deçà d'un certain seuil. C'est comme pour les microbes : on espère les éviter, mais on ne peut sérieusement espérer vivre sans en rencontrer quelques uns...

Heureusement, au Biodôme, la diversité des espèces végétales, en plus de favoriser le développement d'organismes utiles, freine les infestations (contrairement aux monocultures où les ravageurs peuvent se répandre comme une traînée de poudre). En outre, on y a une plus grande marge de manœuvre que dans les serres commerciales, qui doivent — autant que possible — offrir à leurs clients des produits exempts d'organismes nuisibles.

Toutes les stratégies de lutte intégrée développées au cours des dernières années sont mises à contribution. Comme la plupart des pesticides déciment sans discrimination les populations d'insectes bénéfiques, y compris ceux qui nous assistent en détruisant les insectes nuisibles, il faut éviter d'y avoir recours. Mais les spécialistes ont bien d'autres cordes à leur arc.

Par exemple, lorsque c'est possible, on manipule les conditions ambiantes afin qu'elles défavorisent le ravageur; ainsi, dans l'écosystème laurentien, une légère augmentation du taux d'humidité doublée d'une baisse de la température contribue à diminuer les populations de tétranyques. On a aussi recours à des méthodes mécaniques comme le bassinage (on lave les feuilles avec un jet d'eau), la taille des rameaux les plus infestés ou l'application d'huile de dormance (une huile minérale légère qui recouvre les œufs des ravageurs d'une mince pellicule causant leur asphyxie). Les crapauds, de même que certaines espèces insectivores d'oiseaux et de chauves-souris, ne semblent pas offrir un contrôle adéquat. Et on se demande si des lézards arboricoles feraient mieux...

Créer l'équilibre

On introduit donc des insectes parasites, qui pondent leurs œufs à même le corps du ravageur, transformant celui-ci en garde-manger pour leur progéniture, ou des prédateurs qui s'en nourrissent directement. Certains sont disponibles commercialement; pour d'autres, on effectue des recherches en pleine nature. Jusqu'à maintenant, l'introduction

de ces auxiliaires dans les écosystèmes a joui d'un succès variable. Mais l'expertise s'acquiert à ce prix. En ce sens, le Biodôme constitue un terrain d'études privilégié, qui recèle parfois de bonnes surprises. Ainsi des alliés inespérés, probablement des passagers clandestins depuis la Floride, où les plantes tropicales ont transité dans une serre de quarantaine, ont largement contribué à contrôler les populations de cochenilles. L'identification de ces insectes bénéfiques est en cours au Centre de Recherches Biosystématiques d'Agriculture Canada à Ottawa.

Les organismes utiles n'appartiennent pas tous au règne animal. À la fin de l'été, on

production répétée d'auxiliaires bénéfiques. Comme pour les microbes qui nous attaquent, la gravité des problèmes de la forêt laurentienne est largement dictée par le hasard. Mais s'agit-il uniquement de malchance ? « On n'a peut-être pas aidé l'écosystème laurentien, suggère l'agronome Robert Davidson car, très tôt après leur mise en place, on a choisi de traiter les plantes; on voulait ramener les populations de pucerons à des niveaux acceptables — un point de vue qui se défend très bien — mais on a sûrement minimisé les chances de survie des organismes bénéfiques. » Plus tard dans la saison, les populations recrudescents ont forcé *in extremis* l'emploi d'un savon insecticide.

Bien que très doux pour l'environnement, ce dernier attaque tous les insectes, nuisibles ou non. Un cercle vicieux difficile à briser : d'une part, il faut sauver les plantes; d'autre part, favoriser l'équilibre de l'écosystème. Or, contre les pucerons, les techniques douces sont malheureusement limitées.

En dépit de ces problèmes, le biologiste Daniel Gagnon, chef de la Division de la Recherche, considère l'état de la forêt laurentienne aussi satisfaisant que celui de la forêt tropicale.

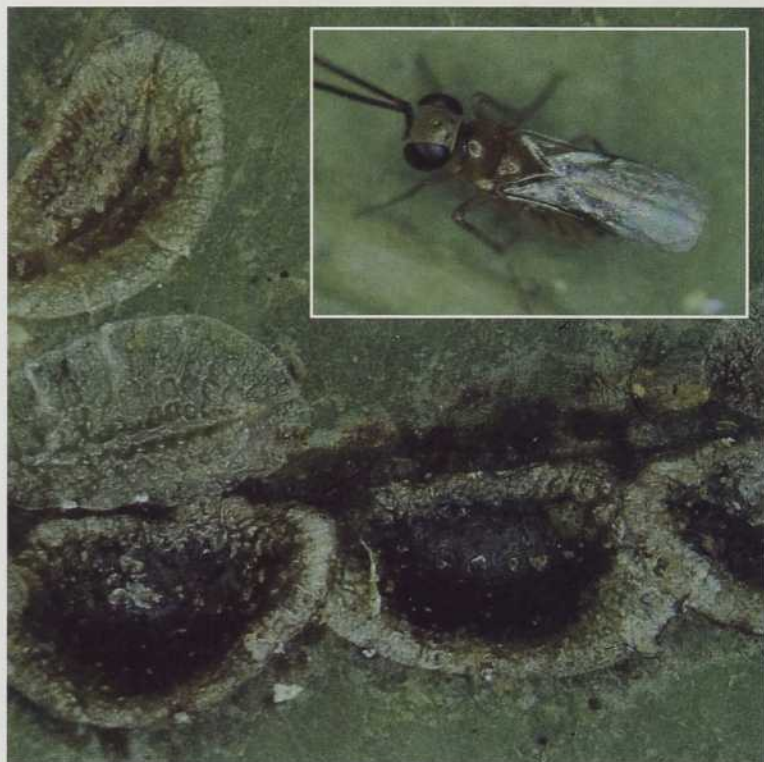
« Dans les pays chauds, les plantes poussent continuellement et réparent au fur et à mesure les attaques régulières des insectes. Dans la zone tempérée froide, les attaques se présentent davantage sous forme de crises cycliques, ce qui peut leur conférer une apparence plus dramatique. Mais c'est tout à fait normal. »

Si la situation s'aggrave, faudra-t-il sauver les plantes par

l'emploi d'insecticides, ou les sacrifier au principe de l'équilibre écologique ? « Je crois que nous avons besoin de deux ou trois ans pour atteindre l'équilibre, déclare Susan Johnson. Si les ravageurs présentent d'ici là une menace sérieuse pour la survie des végétaux, il faudra alors faire un choix. »

Passeport, s'il vous plaît !

Mais le rôle de l'entomologiste ne s'arrête pas à la protection des plantes. En effet, on projette d'introduire des insectes bien vivants pour nourrir les oiseaux. Or — logique de la chaîne alimentaire oblige ! — les insectes que mangent les oiseaux sont presque nécessairement phytophages (ils se nourrissent de végétaux). Comment les relâcher



Les cochenilles, ces insectes en forme d'écailles, s'attaquent à plusieurs plantes du Biodôme. On les combat entre autres en introduisant des guêpes parasites (en médaillon).

constate qu'un puceron adapté aux endroits marécageux menace la survie des plantes aquatiques du système tropical. Pendant que l'on cherche des façons d'arraisonner ce ravageur mal connu, celui-ci succombe aux attaques d'un champignon entomophage (qui se développe sur les insectes). « Le champignon, expédié à l'Université Cornell pour fins d'identification, pourrait bien être endémique chez cette espèce de pucerons, suppose Susan Johnson. Et les conditions climatiques chaudes et humides de l'écosystème tropical ont sûrement favorisé sa croissance de façon extraordinaire ».

La forêt laurentienne n'a pas eu autant de chance. Les infestations, plus sévères, y menacent encore les plantes, en dépit de l'in-

dans un écosystème sans mettre les plantes en danger ? Et surtout, comment garantir au ministère fédéral de l'agriculture que les insectes d'importation qu'on introduit dans la forêt tropicale ne deviendront pas une plaie pour nos récoltes ? « Le Biodôme est un milieu relativement clos, explique Michel Delorme, biologiste. En outre, notre hiver se chargera vite d'exterminer ceux qui viendraient à s'échapper. Mais nous allons prendre des précautions supplémentaires ».

En effet, les spécialistes élaborent un protocole de mesures sécuritaires aussi impressionnant qu'ingénieux. Par exemple, on peut choisir des insectes dont le dimorphisme sexuel est très prononcé (le mâle et la femelle différent de façon très évidente). On ne relâche ensuite que les mâles : même si l'un d'eux échappe au bec des prédateurs, il ne risque pas de se reproduire. Un autre critère de sécurité : il faut que les espèces choisies aient un cycle vital très court. « Si on relâche les insectes alors qu'ils n'ont plus que quelques heures à vivre, on minimise le danger pour le Biodôme et, à plus forte raison, pour l'extérieur ! », conclut Michel Delorme.

La liste de mesures de sécurité est déjà longue. On ne laisse rien au hasard. Pendant que les scientifiques d'Agriculture Canada évaluent le système de ventilation du Biodôme, une équipe de spécialistes envisage les scénarios les plus farfelus : l'insecte qui tombe dans le revers de pantalon d'un visi-



Ce puceron, qui menaçait les plantes aquatiques tropicales, est en fait attaqué par un champignon qui se nourrit d'insectes. C'est ce qui lui donne son air barbu.

teur, le collectionneur qui dérobe un spécimen intéressant et le glisse dans sa poche... « C'est un projet à long terme, affirme Susan Johnson, qui n'aura le feu vert qu'avec des garanties absolues de sécurité ». Et Robert Davidson de souligner : « Quand on y réfléchit bien, le risque présenté par les voyageurs qui reviennent des pays du sud est infiniment plus important ». Et que dire des

oiseaux migrateurs qui, eux, ne passent pas par les douanes ?

Invisibles, mais essentiels...

Pour les scientifiques du Biodôme, le travail de finition ne manque pas. D'importants projets de recherche s'attachent au recyclage efficace des éléments, un processus qui, dans tout écosystème, assure le maintien de la vie. Par exemple, dans un aquarium, on doit éliminer rapidement les déchets : s'ils s'accumulent, ils empoisonnent les organismes aquatiques. Lors du processus de filtration, l'eau du Saint-Laurent marin entre en contact avec une série de bactéries : elles transforment graduellement les déchets organiques en nitrates, que les plantes aquatiques utilisent à leur tour. Or, pour des bactéries, un déchet organique d'un millimètre représente une montagne ! Le biologiste Serge Parent compte rendre le processus plus efficace en introduisant dans le gravier du bassin des nématodes, des copépodes harpacticoides, des rotifères et d'autres animalcules qui se meuvent entre les grains de sable sans les déplacer. Ces organismes assurent un meilleur recyclage des éléments, car ils consomment les déchets organiques et en produisent à leur tour de plus petits, que les bactéries digèrent rapidement.

Sur la terre ferme, un projet de recherche aussi ambitieux vise à favoriser le recyclage grâce aux insectes et autres arthropodes à huit, cent ou mille pattes qui vivent dans le sol : la pédofaune. Ces organismes, comme leur contrepartie en milieu aquatique, entament la dégradation des déchets; les bactéries

Les écosystèmes se serrent la ceinture

À la difficulté de gérer des écosystèmes complexes, s'ajoute un élément de stress additionnel : la question d'argent. Si la vie bat son plein dans les bassins du Saint-Laurent marin, il n'en va pas de même sur la terre ferme de cet écosystème, où les conditions sont peu favorables à la croissance des plantes : la luminosité y est insuffisante et l'on n'a aucun contrôle de l'humidité relative. Pire encore : l'apport en air extérieur est invariable (par comparaison, dans l'écosystème laurentien, l'entrée d'air est modulée par ordinateur de façon à maintenir une température hivernale). On ne peut donc pour le moment abaisser la température comme l'exigent les plantes qui entrent en dormance pendant l'hiver. Une erreur de planification ? Non ! Mais on a dû réviser le projet en cours de réalisation et, de plusieurs maux, on a tenté de choisir le moindre.

À l'origine, le Saint-Laurent marin ne devait comporter que des falaises avec, çà et là, des génevriers de Californie très résistants et surtout très bon marché. Les ingénieurs dressèrent donc leurs plans selon ces spécifications.

Quelques mois plus tard, cependant, on apprend que le coût des rochers artificiels, réalisés par une firme américaine, sera plus élevé que prévu. Trop tard pour réviser les plans : les travaux sont en cours ! Il faut modifier le projet. On considère d'abord une grève de galets, économique... et terne. Puis on change d'idée. « Il ne faut pas oublier que notre mandat premier est éducatif, explique l'agronome Stéphane Labelle. Une plage offre bien peu de possibilités à cet égard ! C'est pourquoi nous avons choisi, en dépit des difficultés — et quitte à le tenir à bout de bras — d'illustrer un marais salé où pousse la spartine, un habitat très riche et très représentatif. »

Bien que logé à meilleure enseigne, l'écosystème laurentien ne reçoit que la moitié de l'éclairage prévu, une situation définitive avec laquelle il faut composer. De plus, en raison de l'absence de plafond, on n'obtient pas un contrôle optimal de l'humidité relative. Or les plantes stressées se défendent moins bien contre les attaques des ravageurs. Dans la forêt tropicale, les compressions budgétaires retardent la mise en place des derniers luminaires, mais on sait que l'éclairage répondra alors pleinement aux besoins des plantes. Entre temps, la longueur de la photopériode (11 heures de clarté au plus fort de l'hiver) compense quelque peu le déficit en intensité lumineuse.



Le vétérinaire Jacques Dancosse fait des analyses de sang à tous les animaux qu'il doit endormir. Ainsi, on obtient des données sur la biologie des différentes espèces. Sur la photo il examine une des grenouilles du Biodôme.

ries achèvent ce processus qui, en bout de ligne, restaure la fertilité du sol. Il faudra donc inventorier la pédofaune des écosystèmes par des échantillonnages, puis introduire les espèces jugées nécessaires. Cette opération s'avère particulièrement importante dans l'écosystème tropical dont le sol est très pauvre, car on a voulu y reproduire les conditions du milieu naturel. Les plantes ne survivent que grâce à un recyclage extrêmement rapide des débris organiques.

On sait aujourd'hui que la plupart des plantes vivent en symbiose avec des champignons microscopiques qui se fixent sur leurs racines. Ces champignons, appelés mycorhizes, prolongent le système racinaire et augmentent sa surface de contact avec le sol de façon phénoménale. En conséquence, elles décuplent chez leur hôte le potentiel d'absorption des nutriments, tout particulièrement du phosphore. Cette efficacité accrue est essentielle pour les plantes tropicales en raison de la pauvreté du sol où elles vivent. Or, pour entrer aux États-Unis, les plantes en provenance d'Amérique du Sud ont été débarrassées de tout corps étranger. De plus, durant leur quarantaine, elles ont reçu de fortes doses d'engrais, ce qui détruit les mycorhizes. Il a donc fallu inoculer le sol de l'écosystème tropical avec une souche de mycorhizes très peu spécialisées, susceptibles de s'adapter à toutes les conditions.

Éventuellement, en collaboration avec diverses universités d'Amérique latine, on compte inoculer des souches de mycorhizes plus spécifiques et en observer les effets.

Par leur complexité, les quatre écosystèmes offrent une bonne approximation de la nature... sans ses avatars. On peut y étudier le taux de croissance des arbres, la bioénergie des chauves-souris ou le comportement des oiseaux, à l'abri des fluctuations qui parfois remettent en cause les résultats obtenus. En milieu clos, on contrôle les conditions ambiantes; quant aux facteurs qu'on ne contrôle pas, on les connaît précisément, ce qui constitue un immense avantage. Déjà l'Université de Sherbrooke et l'UQAM participent à plusieurs projets; McGill, Laval et l'Université du Québec à Rimouski pourraient bien s'inscrire d'ici peu dans la même foulée...

La symbiose des spécialistes

Dans un écosystème, tous les éléments interagissent. La recherche au Biodôme exige donc la collaboration étroite de tous les spécialistes. Une symbiose facile ? Pas toujours ! « Chacun de nous a dû apprendre à penser différemment » déclare Robert Davidson. Quant à Serge Parent, il illustre par une métaphore l'importance du concept qui a préséance sur toutes les spécialités : « Le Biodôme de Montréal abrite quatre organis-

mes vivants : les écosystèmes. » Aux dires de tous, cette notion a rencontré, dès ses premiers balbutiements, un accord unanime. On y a puisé l'énergie nécessaire à tous les compromis : nombreuses sont les histoires de projets modifiés ou sacrifiés à la cause commune ! Mais aucune n'illustre autant la force du consensus que la saga des singes-araignées.

Depuis le début, Michel Delorme et le vétérinaire Jacques Dancosse travaillent avec enthousiasme pour faire place à une famille de singes-araignées. Il s'agit d'un animal intéressant, très actif, acrobate même, dont le comportement social s'annonce d'autant plus captivant qu'on possède une unité familiale. En outre, le singe-araignée est rarissime en captivité.

Cependant, durant son transit au parc Angrignon (autrefois jardin zoologique de Montréal), le singe-araignée se révèle très défoliateur. Que faire ? Robert Davidson déniche une variété de palmier épineux qui tient l'animal en respect... Une initiative heureuse, mais on ne peut pas faire une forêt tropicale crédible en utilisant une seule espèce végétale.

Pendant qu'on réfléchit à ce problème, les ingénieurs assènent le coup de grâce : ils empiètent sur l'espace dévolu au singe-araignée pour passer les conduits de ventilation. L'habitat, maintenant rétréci, n'offre plus la sécurité requise, car l'animal pourrait s'échapper en sautant. Or, il s'agit d'un singe agressif, potentiellement dangereux pour les visiteurs. Il n'y a plus qu'à renoncer. Dure décision, quand la réalisation du projet touche presque à sa fin, à peine un an avant l'ouverture ! L'habitat est maintenant occupé par des coatis, des mammifères apparentés aux rats-laveurs. « Ici on travaille par consensus, conclut Michel Delorme. On nous a laissé la chance de défendre le projet jusqu'au bout. »

À l'équipe actuelle viendront s'ajouter sous peu un écophysiologiste et un spécialiste en génétique des populations. Entre temps, le travail de pionnier scientifique se poursuit. Ainsi, à la place du brassard traditionnel, les animaux du Biodôme auront bientôt leur carte d'identité complète sous forme de « puce » électronique sous-cutanée. Les chercheurs songent à en profiter pour installer des détecteurs aux endroits appropriés de façon à réaliser des études de comportement ou de bioénergie assez sophistiquées. Ces recherches de pointe contribueront certes au prestige du Biodôme, mais, soulignons-le, il y a là-bas autant d'honneur à trouver d'ingénieuses solutions à des petits problèmes... Mais sont-ils jamais vraiment petits ? ●



La Grande Crise de 1929 a obligé les économistes à réviser leur théories. John Maynard Keynes établit alors les bases théoriques qui allaient donner naissance aux modèles économiques informatisés.

Modèles économiques : science ou science-fiction ?

Depuis un siècle, la science économique a dû sans cesse réviser ses modèles pour s'ajuster à une situation économique en évolution continue.

Avec la mondialisation des marchés, l'économie doit faire un nouvel examen de conscience.

par Guy Paquin

Il paraît que la récession est finie. Pour Statistiques Canada, les signes de la reprise sont clairs, mais pour les chômeurs, rien n'est moins sûr. Ah ! Si seulement les économistes savaient prédire l'avenir... comme avant 1975, à l'âge d'or des grands modèles économiques informatisés. À l'époque, la construction de modèles était l'occupation favorite des théoriciens : quelques douzaines de définitions, quelques centaines d'équations à résoudre simultanément, et les économistes de terrain disposaient d'un outil prévisionnel dont la performance était souvent remarquable. Aujourd'hui, ces grands modèles, comme les dinosaures, ont disparu de la surface du globe. Ils ont été victimes des changements rapides de l'économie et de la chute de l'idéologie politique qui les soutenait. Si quelques économistes s'en servent encore, c'est en cachette, comme quand ils vont fumer.

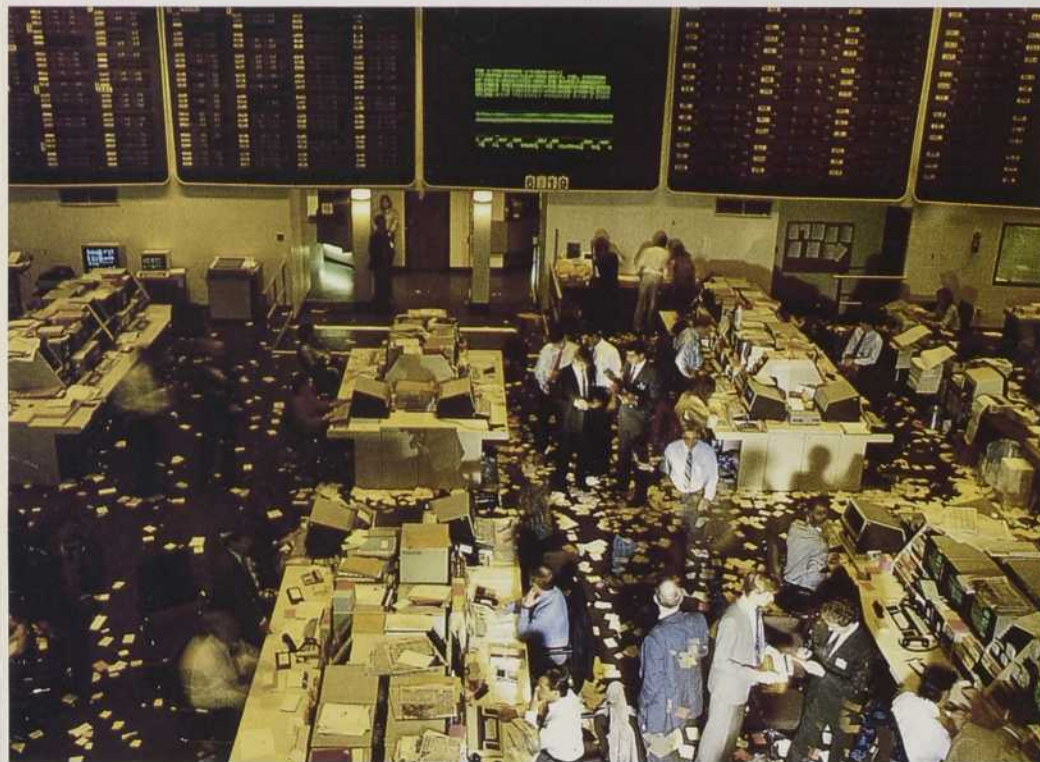
Photo : Publiphoto

Les 100 000 emplois de M. Bourassa

Ces modèles qui simulaient le fonctionnement global de l'économie ont eu leurs heures de gloire. Marcel Dagenais, qui enseigne l'économie à l'Université de Montréal, se rappelle les succès du modèle qu'il avait construit. Un jour, le premier ministre Robert Bourassa, celui d'avant 1976, lui fit part de ses intentions politiques en matière d'économie. Il demanda au chercheur de lui dire combien d'emplois ces mesures allaient créer au Québec. Robert Bourassa n'attendit pas les résultats des calculs de l'économiste et annonça à ses électeurs que l'action de son gouvernement allait créer 100 000 emplois.

L'âge d'or... et d'argent

Cette théorie, on la doit à John Maynard Keynes qui, à partir de 1936, donne un nouveau souffle à la science économique. Keynes est un des rares à observer que la grande crise qui a débuté en 1929 perdure, ce qui contredit la vision des économistes classiques, qui croient que les cycles économiques se suivent inexorablement et qu'avec le temps, tout finira par s'arranger. Il propose des remèdes vigoureux : que l'État emprunte des sommes qu'il injectera dans l'économie sous forme de grands travaux publics et de subventions aux entreprises. Le taux de chômage diminuera, la consommation de biens augmentera et la roue se remettra à tourner.



Les économistes n'ont pas encore trouvé une façon de prédire l'avenir des économies nationales. À la Bourse de Montréal, le krach de 1987 a pris tout le monde par surprise.

Marcel Dagenais n'était pas d'accord. Il introduisit les politiques économiques de Robert Bourassa dans son modèle : tant de dépenses en travaux publics, tant de dégrèvements d'impôts pour les investisseurs, tant de subventions directes aux entreprises, etc., et conclut que le gouvernement libéral créerait au mieux 50 000 emplois. Il le dit à M. Bourassa, qui préféra le chiffre de 100 000, bien meilleur en terme de marketing ! Le modèle finit par battre l'homme politique : les mesures de Robert Bourassa créèrent 48 000 nouveaux emplois. Un triomphe d'exactitude pour le modèle de Marcel Dagenais, et une preuve que la théorie sur laquelle il reposait était correcte puisqu'elle permettait des prédictions justes.

Au début des années 50, on est toujours en pleine récession d'après-guerre. Les armées, licenciées, sont venues grossir les rangs des chômeurs et les dirigeants politiques ont épuisé toutes les recettes traditionnelles de relance. Trois économétristes, le Norvégien Haavelmo et les Américains Koopmans et Klein, mettent en équations les théories de Keynes. utilisent les données statistiques des pays sur l'emploi, la production de biens, etc., pour habiller ces squelettes théoriques, et y appliquent ensuite les mesures proposées par Keynes et adoptées par F. D. Roosevelt. Ils prédisent une importante reprise et une diminution radicale du chômage. Et ça marche ! En 1952, on assiste aux premiers jours de la reprise. Les premiers

modèles mathématiques prévisionnels de l'économie étaient nés.

Ces modèles étaient tout petits. Celui de Klein ne définit que six concepts : la consommation globale, l'investissement global, les salaires du secteur public et du secteur privé et enfin, les revenus des ménages et ceux des compagnies. Il relie ces six facteurs par trois équations probabilistes permettant de faire certaines prédictions. Comment ? On questionne le modèle en modifiant arbitrairement une de ses variables. Le modèle livre une réponse, une prévision statistique. Par exemple, il peut prédire comment la consommation globale sera affectée si les salaires publics augmentent après l'embauche de nouveaux fonctionnaires, et ensuite voir l'effet de ces changements sur l'investissement.

Avec l'avènement de l'ordinateur et le succès des politiques économiques keynésiennes, les économistes se jettent dans une frénésie de modélisation. Les modèles engraisent à mesure que les variables se multiplient : taux d'intérêts variables, valeur d'échange de la monnaie sur les places financières internationales, taxation et *tutti quanti*. La boule de cristal s'enfle démesurément.

« Nous étions d'un optimisme délirant, se rappelle Pierre Duguay, spécialiste de la modélisation et conseiller à la Banque du Canada. Nous étions persuadés que pour obtenir une prédiction parfaite, il n'y avait qu'à ajouter des variables. Par exemple, si on voulait être plus précis, au lieu de traiter le secteur agroalimentaire comme un bloc monolithique, on n'avait qu'à utiliser les données de Statistiques Canada sur chacun des sous-secteurs, le laitier, le maraîcher, les viandes, etc. À la fin, nous aurions pu calculer l'impact de l'augmentation du prix du yogourt sur le rendement des bons du Trésor ! »

Pierre Duguay a lui-même piloté un modèle à 400 équations vers le milieu des années 60. Mais son modèle allait frapper un nœud, comme les théories de Keynes sur lesquelles il s'appuyait.

Keynes frappe un nœud

En effet, le 17 octobre 1973, l'Organisation des pays exportateurs de pétrole (OPEP) lance le prix du pétrole à des hauteurs vertigineuses. Comme les producteurs de pétrole exigent d'être payés en dollars américains, les pays importateurs se lancent dans une double course, au pétrole et aux dollars.

« Le dollar était la monnaie internationale, celle que les pays utilisaient pour se régler leurs balances de paiements, explique Maurice-Nicolas Marchon, professeur de conjoncture à l'École des Hautes études



L'économiste Milton Friedman, qu'on voit ici avec son épouse Rose, a inspiré Ronald Reagan, Margaret Thatcher, Brian Mulroney et Robert Bourassa.

commerciales de Montréal. En doublant le prix du baril de pétrole, c'est la demande pour des dollars qui augmentait. Que devait faire la *Federal Reserve* américaine ? Inonder le marché de dollars et créer une inflation mondiale ? Serrer au contraire la vis et provoquer la faillite des pays importateurs de pétrole, incapables de trouver la précieuse monnaie pour acquitter leurs achats d'or noir ? »

Anxieux, les modélistes introduisirent les nouvelles données dans leurs machines prédictionnelles. Aucune n'allait fournir la bonne réponse. Aucune n'allait prédire la stagflation.

On parle de stagflation quand l'économie est à la fois stagnante (incapable d'augmenter le rythme de la production de biens, dont dépend l'emploi) et en situation d'inflation incontrôlable, une aberration pour les économistes classiques et pour les keynésiens. Avec le choc pétrolier, l'augmentation des prix atteint 14 % par an et s'accompagne d'un taux de chômage de plus de 10 %. Les grands modèles keynésiens ne peuvent fournir aucune explication ni aucun remède. Les années 1973-1976 allaient leur donner le coup de grâce. Pour la seconde fois depuis 1929, le dogme scientifique de l'économie se révélait être une pure fiction.

Le gourou de service

L'économie allait-elle s'avouer vaincue devant un réel trop imprévisible ? Non. Un autre gourou entre en scène : Milton Friedman, dont la vision néo-libérale règne encore sur l'économie contemporaine.

Friedman, c'est le maître à penser de Margaret Thatcher et de Ronald Reagan; il a aussi inspiré Brian Mulroney et Robert Bourassa. On peut les approuver ou pas, il reste que Friedman a réintroduit dans la science économique un paradigme que Pierre Duguay résume ainsi : « There's no free lunch » (Y'a pas de bouffe gratuite). Autrement dit, peu importe la perfection ou le détail d'un modèle, aucun changement économique important ne se fait sans qu'il y ait un coût à payer. Veut-on réduire le nombre des chômeurs en endettant l'État ? Tôt ou tard, il faudra rembourser la dette par une taxe ou un impôt. Veut-on juguler l'inflation ? L'argent sera rare, les taux d'intérêt augmenteront et l'économie ralentira.

Ses idées, Friedman les a rendues publiques en 1970, dans un article qui tirait une première salve dévastatrice dans l'ossature keynésienne. Il y affirmait que l'État ne peut pas s'endetter indéfiniment pour injecter de l'argent dans le système et stimuler la demande. Ces emprunts massifs réduisent la somme totale d'argent empruntable, ce qui pousse les taux d'intérêt à la hausse car, c'est bien connu, ce qui est rare est cher. En plus, les emprunts augmentent le déficit et, tôt ou tard, l'État doit hausser les impôts pour financer la prospérité qu'il veut créer. Résultat : une inflation chronique accompagne nécessairement cette croissance artificielle. Cette inflation structurelle, loin d'être un pis-aller, a un effet désastreux sur la croissance qu'on tente de stimuler.

« Pourquoi donc ? », demandèrent en chœur les keynésiens. Réponse du gourou

Friedman : en temps de forte inflation durable, les acheteurs veulent tous acheter aujourd'hui (ça coûtera moins cher que demain) et les vendeurs veulent tous vendre le plus tard possible (pour faire le plus d'argent possible). Comme on hésite à vendre, la production de biens diminue.

Friedman, contrairement à Keynes, croit qu'on a beau injecter des sommes importantes dans l'économie et stimuler effectivement la demande de biens, on n'arrive pas nécessairement au plein emploi. Pire, en s'endettant, non seulement l'État ne résorbe-t-il pas le chômage, mais il provoque une perte de contrôle sur la valeur de l'argent, ce qui peut déboussoler l'économie. La recette friedmanienne : contraction du déficit, restriction des dépenses de l'État, guerre sans merci à l'inflation par le biais de l'action des banques centrales comme la Banque du Canada (*voir l'encadré*). Si les lois du marché ont un sens, ce dont Friedman ne doute pas, l'économie rentrera dans l'ordre... avec un taux de chômage de 5 à 10 %. Bref, pour Friedman, l'État doit s'occuper de surveiller la valeur de la monnaie, tandis que le marché s'occupe du reste.

En s'attaquant systématiquement à l'inflation pour contrer la récession, la Banque du



Pour relancer l'économie en crise, John Maynard Keynes proposait que l'État emprunte des sommes qu'il investirait dans l'économie, ce qui résorberait le chômage.



Avec les néo-libéraux, Maurice-Nicolas Marchon, professeur de conjoncture à l'École des Hautes Études commerciales à Montréal, croit que l'idéal, c'est un monde stable dont le pire ennemi est l'inflation et où les turbulences sont réduites au minimum.

Canada s'inspire des idées de Friedman. Cependant, pour aller au bout de la logique friedmanienne, il faudrait que l'État s'attaque aux causes du déficit, qui engendrent cette inflation. Sinon, les remèdes de la Banque du Canada ne seront qu'un simple analgésique aux symptômes de la crise.

Forcés d'abandonner leur passe-temps favori, la fabrication de modèles, les keynésiens adoptèrent un nouveau sport : haïr Friedman. John Kenneth Galbraith, un fidèle disciple de

Keynes, déclara par exemple que les politiques monétaires de Friedman « ...avaient autant d'effet sur l'économie nationale et le chômage que le lavement rituel des pieds. »

Le coup de grâce

Aujourd'hui les modèles géants inspirés de Keynes ont perdu toute crédibilité. « Il y a quelque chose d'anti-scientifique dans des systèmes pareils où les équations prolifèrent, dit Pierre Duguay, de la Banque du Ca-

nada. En principe, une bonne théorie se contente de quelques équations qui prédisent efficacement l'essentiel de la réalité : taux de croissance, le taux de chômage, des trucs généraux et fondamentaux. Plus le modèle est complexe, moins le scientifique a de chances de le comprendre et plus le praticien est tenté de tourner la manivelle à résoudre les équations, sans comprendre ce qu'il fait réellement. »

Et il faut le dire, ces gros modèles coûtaient cher à faire fonctionner. Celui de Canadien Pacifique Limitée a dû subir une cure d'amincissement. « Avant 1985, nous utilisions encore une machine à 1000 équations, se souvient Louise Poirier, directrice de l'analyse des affaires. Quand on a réduit le personnel de 18 à 6 personnes, nous n'avions plus assez de monde pour faire fonctionner le modèle. Nous l'avons donc considérablement réduit, pour l'ajuster à nos réalités. » Plutôt que d'essayer de tout prédire, le modèle a réduit son rayon d'action à quelques secteurs bien précis de l'économie.

Les friedmaniens reprochent aussi aux modèles keynésiens de n'avoir pas prévu certains effets chaotiques, certaines turbulences dans la vie économique. « Les modèles prennent pour acquis que les politiques de l'État ont toujours les effets prévus, souligne Maurice-Nicolas Marchon. Cela suppose que les citoyens sont conscients de ces politiques et se comportent en conséquence. » Après une hausse des taux d'intérêts, le modèle prévoit que le public réduira ses dépenses en se disant que l'heure est à l'épargne, puisque les taux d'intérêt s'y prêtent. Ou que si l'État part en guerre contre l'inflation, les syndicats, compréhensifs, éviteront d'exiger des augmentations de salaires.

Les hauts et les bas de l'empirisme économique

L'univers des économistes classiques s'est écroulé avec la crise économique de 1929. Ils croyaient que les cycles économiques se suivaient inexorablement et s'engendraient les uns les autres. Le monde d'Alfred Marshall (1842-1924) était par exemple un paradis d'entrepreneur : des petits producteurs en parfaite concurrence y prennent toujours les bonnes décisions; les chômeurs sont rares parce que les travailleurs acceptent des diminutions de salaire quand les temps sont durs !

Selon la théorie classique, un ralentissement de la production de biens forçait les investisseurs à puiser dans leurs réserves financières, relançant la production et embauchant la quasi totalité de la main-d'œuvre disponible.

John Maynard, Lord Keynes (1883-1946) bouleversa ce dogme en publiant en 1936 son livre *Théorie générale de l'emploi, de l'intérêt et de la monnaie*. Pour Keynes, la relance de la production ne crée pas forcément le plein emploi. En fait, selon lui, le chômage est la règle plutôt que l'exception. La solution : le gouvernement doit modifier l'économie pour créer de l'emploi. Ainsi, les gens, qui touchent un salaire décent au lieu de prestations compensatoires, consommeront plus. Autrement dit, quand le secteur privé refuse d'investir, c'est à l'État à le faire, quitte à créer un déficit. F.D. Roo-

sevelt fut le premier chef d'État à appliquer le remède keynésien : vastes emprunts de l'État pour lancer des travaux publics et embauche de fonctionnaires.

Milton Friedman, aujourd'hui âgé de 81 ans, fut le premier à se permettre de critiquer la théorie de Keynes. Friedman avança qu'il existe une limite maximale à la consommation et qu'aucune action gouvernementale ne peut l'enfler indéfiniment.

Friedman revint à la théorie classique, celle du laisser-faire qui veut que le marché des biens et de l'emploi revienne toujours à l'équilibre de lui-même. Sauf dans un cas : lorsque règne une persistante inflation. En ce cas, le comportement autrement logique des entrepreneurs et des consommateurs est perturbé par leur incapacité de prévoir la valeur réelle de leurs bénéfices et de leurs salaires.

Friedman tempère donc son libéralisme par l'obligation qu'il crée pour l'État de contrôler solidement la valeur de la monnaie. Cela se fait de plusieurs façons (voir l'encadré sur la Banque du Canada). Alors que les keynésiens veulent un niveau optimal d'emploi, les monétaristes souhaitent un niveau minimal d'inflation.

Avec la mondialisation de l'économie, la vision friedmanienne de l'économie prend du plomb dans l'aile. Mais aucun paradigme n'est encore venu la remplacer...

La Banque du Canada

Comme toutes les entreprises, les banques à charte (comme la BCIC, la Banque de Montréal ou la Banque Nationale) doivent parfois emprunter pour de courtes périodes de temps, de façon à couvrir un découvert temporaire. Où empruntent-elles ? À la Banque du Canada. Cet organisme fédéral leur consent des prêts à un taux particulier, appelé taux de base ou taux d'escompte, dont les bulletins de nouvelles nous rapportent toutes les fluctuations. Ce taux constitue un moyen privilégié pour l'État d'agir sur l'économie.

En temps de récession, la Banque du Canada choisit parfois d'abaisser son taux d'escompte. Comme les banques à charte paient moins cher l'argent emprunté, elles diminuent le taux auquel elle prêtent leur argent. Les entrepreneurs obtiennent du crédit à prix modique, les familles peuvent prendre une hypothèque à bon prix et ces conditions peuvent amorcer une reprise.

La Banque du Canada peut aussi agir sur l'inflation. Celle-ci se produit lorsque les biens sont rares (ce qui est rare est cher) ou lorsque la quantité de dollars en circulation excède largement la valeur des biens offerts sur le marché. Dans ce dernier cas, la Banque du Canada sort son éponge à liquidités. Comme tout autre investisseur, la Banque du Canada détient des valeurs-papier, comme des bons du Trésor. En vendant ses bons, la Banque peut absorber d'un seul coup une importante quantité de dollars et réduire d'autant la quantité qui circule. Inversement, en achetant des valeurs-papier elle peut injecter des dollars sur le marché, au besoin.

« Dans la vraie vie, rappelle M. Marchon, ni les consommateurs, ni les syndicats, ni les entrepreneurs ne réagissent ainsi. Par exemple, après 15 ans de forte inflation, la population prend l'habitude d'agir comme si un dollar dépensé tout de suite valait plus qu'un dollar en banque. Vos mesures anti-inflationnistes se heurteront alors à des turbulences provoquées par ce comportement inflationniste. Les keynésiens prévoyaient certaines turbulences dans l'emploi, mais nous allons plus loin qu'eux, poursuit le friedmanien Marchon, en affirmant que tout changement amène sa vague de turbulence, d'irrationalité, de chaotique. » L'idéal friedmanien, c'est un monde stable dont le pire ennemi est l'inflation et où les turbulences sont réduites au minimum.

D'autres vont plus loin dans la critique. Alec Thompson, vice-président aux affaires économiques de la Banque Royale, reproche aux grands modèles leur représentation de la réalité comme un système fermé. « La réalité économique est un système ouvert, et l'imprévisible ne cesse de suinter à travers les murs des modèles. Plus vous introduisez de concepts et de relations fixes entre les variables, plus votre système perd de sa sensibilité au changement. »

« Les grandes théories économiques, ajoute-t-il, prévoient des cycles à travers lesquels les lois du marché demeurent le moteur principal de l'économie. Chez Keynes, c'est l'endettement de l'État qui varie au cours du cycle; chez Friedman, c'est le nombre de chômeurs. Mais depuis 1987, nous vivons autre chose qu'un creux ordinaire du cycle. La mondialisation est en train de bousculer toutes nos idées reçues sur la vie économique. La théorie de Marshall est devenue une fiction avec la grande crise, celle de Keynes est victime de la stagflation. Les idées de Friedman ne survivront peut-être pas à la mondialisation. Le concept même de modèle d'économie nationale est en passe de devenir désuet. »

Les théoriciens ont du pain sur la planche. Les théories de Keynes et Friedman supposaient des économies fermées, où les prix de la main-d'œuvre, par exemple, étaient connus. Aujourd'hui, rien n'empêche une entreprise de faire son produit à l'étranger. Les économistes devront produire un modèle réduit, 5 à 10 équations fondamentales qui prédiront le comportement de cette structure économique mondiale en émergence. ●

LE GAZ NATUREL : LE CHOIX AFFAIRES



*De plus en plus d'entreprises
font le choix affaires et chauffent
maintenant au gaz naturel.
Propre, efficace, moins cher,
le gaz naturel, c'est l'énergie
de l'économie.*

*Faites le choix affaires.
Composez le 1-800-567-1313*



**Gaz
Métropolitain**

Un gène pour la mémoire

Vous cherchez le rôle d'un gène ? Inactivez-le ! Sa fonction, devenue défaillante, sera évidente... Avec cette nouvelle technique, des chercheurs ont exploré les mécanismes de la mémoire et de l'apprentissage chez des souris.

par Bruno Dubuc

On respire grâce à une protéine (l'hémoglobine). On voit grâce à une protéine (la rhodopsine). On grandit grâce à une protéine (l'hormone de croissance). Sans protéines, on ne pourrait ni contracter nos muscles (myosine et actine), ni se remettre d'une simple grippe (anticorps). Toute notre physiologie repose sur ces molécules géantes, dont les plans résident dans nos gènes. Mais les protéines nous permettent-elles aussi d'aimer, de réfléchir, de prier, d'haïr ?

En tout cas, elles nous permettent de nous en rappeler, répondent Susumu Tonegawa et les membres de son équipe, du *Massachusetts Institute of Technology* (M.I.T.). Ce chercheur, qui a déjà obtenu le prix Nobel pour ses travaux sur la génétique de l'immunité, s'attaque maintenant au problème de

la mémoire. Son équipe vient de démontrer que la mémoire des souris est à la merci de simples molécules (et tout porte à croire que le reste de leur cerveau, ainsi que le nôtre, fonctionne de la même façon). De fait, ces chercheurs ont pour la première fois trouvé un lien direct entre un gène, la protéine qu'il permet de fabriquer, le processus cellulaire déclenché par cette molécule, et le comportement qui en découle. Comment ? En mettant *knock-out* le gène de départ, c'est-à-dire en le désactivant complètement chez toute une lignée de souris ! Sans le gène, l'animal ne peut fabriquer la protéine. Les chercheurs n'ont donc qu'à observer la fonction défectueuse pour déduire où la protéine agit. La technique a été mise au point il y a à peine quelques années, et c'est la première fois qu'elle est utilisée pour explorer les bases moléculaires de l'apprentissage et de la mémoire.

La souris qui tourne en rond

Dépourvue d'une protéine essentielle, la souris *knock-out* de Susumu Tonegawa paraît malgré tout saine. Elle souffre pourtant de quelques petits problèmes... Normalement, les rongeurs ont une très bonne orientation spatiale. Dans la nature, leur survie en dépend. Une souris ordinaire passera donc facilement le test de la cuve de Morris. La souris est placée dans une grande cuve remplie d'eau, où elle doit nager, ce qu'elle n'aime pas vraiment. Le liquide est rendu opaque grâce à un colorant, et l'animal ne voit donc pas la petite plate-forme cachée tout juste sous la surface. Quand elle découvre par hasard cette aire de repos, la souris normale apprend vite à retenir son emplacement à l'aide des indices visuels répartis autour de la cuve. Mais la souris *knock-out*,



Un processus long et ardu

lle, ne réussit pas à se rappeler où est la plate-forme. Lorsqu'on la remet dans la cuve, elle nage encore au hasard. Le gène qu'on lui a enlevé, et donc la protéine qu'il sert à fabriquer, lui est nécessaire pour s'orienter.

Cette protéine est une enzyme de la famille des kinases, l' α -CAMKII (pour alpha-calcium-calmodulin-dépendant-kinase-2). Quel est son rôle ? En réagissant chimiquement avec d'autres protéines, les kinases leur ajoutent un atome de phosphore. Cette phosphorylation transforme souvent une protéine passive en protéine active, qui pourra à son tour déclencher une cascade de réactions à l'intérieur de la cellule.

Comment une simple réaction biochimique peut-elle mener à un comportement ? Par l'intermédiaire d'un processus cellulaire appelé « potentialisation à long terme » (PLT). La PLT renforce l'efficacité des connexions qui existent déjà entre des neurones. Cet effet peut durer des jours, voire des semaines, alors qu'une stimulation normale disparaît après quelques secondes. Comprenez l'intérêt des scientifiques : des neurones qui se « rappellent » d'une stimulation pendant des semaines, cela ressemble à la mémoire !

Étudier la PLT est assez simple. En implantant des électrodes dans des tranches d'hippocampe de souris, une structure située à la base du cerveau, on peut activer certaines cellules qui créeront de la PLT chez les neurones auxquels elles sont connectées. La plus grande sensibilité de ces neurones peut alors se mesurer sur de longues périodes. Mais avec les souris *knock-out*, ça ne fonctionne pas. Conclusion : les souris sans α -CAMKII sont aussi des souris sans PLT.

Ces résultats renforcent donc l'idée que la PLT est à la base de la mémoire spatiale, et que les deux sont, de façon ultime, dépendantes d'une protéine particulière, la kinase α -CAMKII. Comme lorsque les principales pièces d'un casse-tête prennent leur place, on venait de faire un lien entre une molécule, un processus cellulaire et un comportement.

Tout n'est pas si clair

Mais l'analyse détaillée de ces résultats soulève quelques interrogations. Par exemple, comment expliquer qu'environ une souris mutante sur huit réussisse malgré tout à produire une PLT comparable à celle des animaux intacts ? La réponse des chercheurs fait appel au concept de redondance : différentes enzymes peuvent avoir la même fonction biochimique, et aucune n'est à elle seule responsable d'un mécanisme essentiel. En théorie, la perte de la kinase

Développer une lignée de souris *knock-out* est long et ardu. Un an ou deux sont nécessaires pour obtenir la première souris *knock-out*. Maintenir une lignée en vie coûte jusqu'à 2000 dollars... par semaine.

Susumu Tonegawa a d'abord dû choisir parmi des milliers de gènes celui qu'il allait désactiver. α -CAMKII est une kinase. Or l'injection de médicaments qui bloquent ce type d'enzyme perturbe profondément certains mécanismes associés à la mémoire. Cela en faisait donc un bon candidat. De plus, cette enzyme est présente sur les lieux du crime : on en retrouve de fortes concentrations dans les neurones de l'hippocampe, une région du cerveau essentielle à plusieurs formes d'apprentissage. Troisième indice, α -CAMKII a besoin de calcium pour fonctionner efficacement. Or la mémoire s'améliore par un renforcement des connexions entre neurones, un phénomène qui passe obligatoirement par l'entrée massive de calcium dans les cellules impliquées. α -CAMKII devenait ainsi suspect numéro un. Mais pour obtenir une preuve directe, le chercheur a dû développer une lignée de souris *knock-out*.

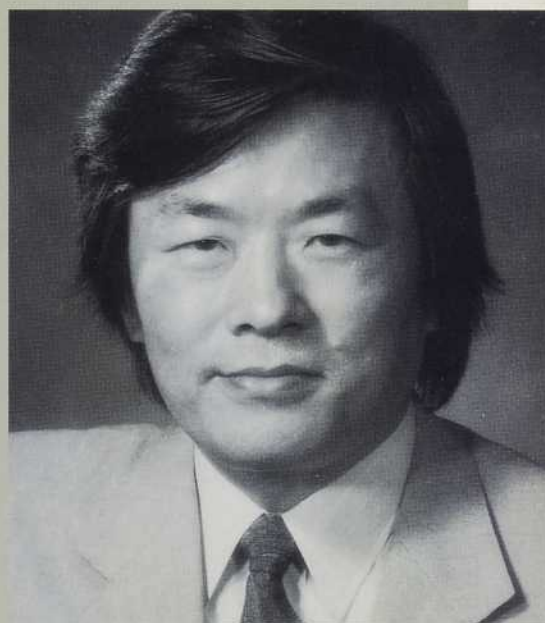
C'est là que le vrai travail commence (pour plus de détails, voir le schéma). La technique consiste à remplacer le gène choisi par un gène inactif, ce qui rend *knock-out* le gène de l'animal. Après avoir sélectionné les cellules où l'opération a été un succès — les chercheurs sont des gens patients —, ils les insèrent dans des embryons. Les souris qui en résultent sont des chimères, dotées de deux types de cellules : certaines avec le gène actif, d'autres avec le gène *knock-out*. Mais leurs descendants n'auront qu'un type de cellule : soit ayant toutes le gène actif, soit ayant toutes le gène *knock-out*. Ces dernières souris, et tous leurs descendants, sont de véritables *knock-out*.

Les souris de Susumu Tonegawa souffrent d'un trouble de mémoire, mis en évidence par un test de comportement. Mais les fonctions qui sont altérées varient énormément selon les gènes. Certains gènes *knock-out* rendent la souris malade, et elle en meurt rapidement. L'autopsie permettra d'identifier facilement la fonction déficiente. Au contraire, la perte du gène mis *knock-out* peut être entièrement compensée par l'action d'autres gènes, et ainsi être impossible à observer. C'est la pire crainte des chercheurs qui se lancent dans cette aventure !

α -CAMKII peut ainsi être compensée par d'autres kinases.

L'une de ces enzymes a peut-être été découverte par Eric Kandel, du *Howard Hughes Medical Institute* de l'Université Columbia, à New York. Ses souris *knock-out* ont les mêmes problèmes de PLT et de mémoire que les souris de Susumu Tonegawa. Mais ce n'est pas le gène de l' α -CAMKII qu'Eric Kandel a mis *knock-out*, mais bien celui d'une autre enzyme, la forme « Fyn » de la tyrosine kinase. L' α -CAMKII n'est donc pas la seule enzyme essentielle.

La technique des gènes *knock-out* pose un problème encore plus fondamental. Le gène est inactivé dès la naissance de l'animal, qui se développe donc sans la protéine correspondante. Mais cette protéine, en plus de sa fonction normale chez l'adulte, peut aussi

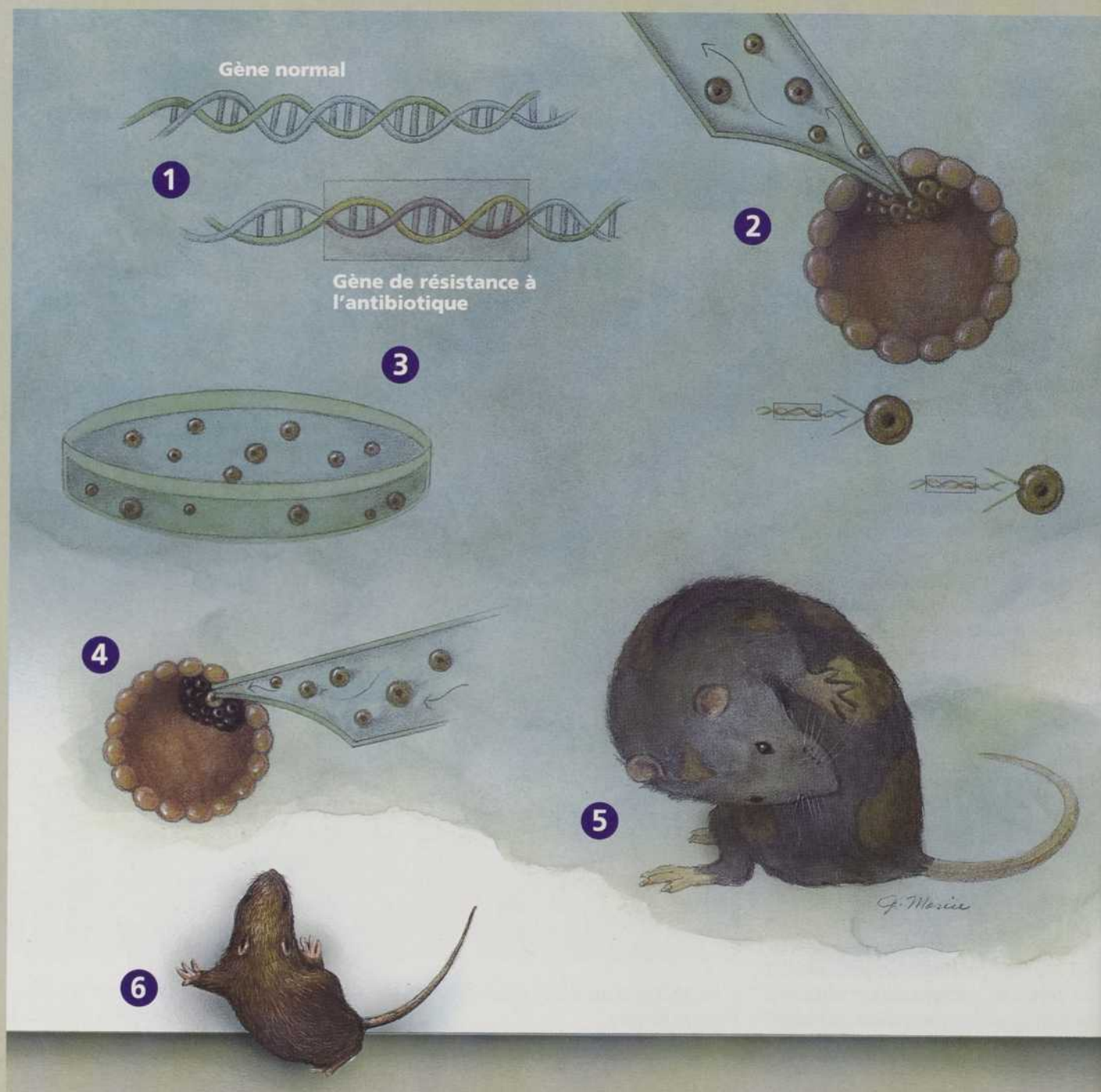


Après avoir obtenu le prix Nobel pour ses travaux sur le système immunitaire, Susumu Tonegawa s'attaque aujourd'hui aux mécanismes de la mémoire.

jouer un rôle très différent durant le développement. Sans cette protéine, la croissance peut être perturbée, ce qui pourrait provoquer des anomalies anatomiques. Comment savoir si les changements observés par les chercheurs viennent bien du rôle de la protéine chez l'adulte, plutôt que d'anomalies développées au cours de la croissance ? La question est encore en suspens, la nouvelle technique des souris *knock-out* ne fournit donc pas encore toutes les réponses.

La complexité de la vie s'étale sur plusieurs niveaux d'organisation (moléculaire, cellulaire, comportemental, etc.). Il est rare qu'on parvienne à intégrer les connaissances obtenues à chacun de ces niveaux. C'est ce que viennent d'accomplir avec brio les chercheurs du MIT en démontrant le lien entre une protéine et un comportement.

L'art de mettre un gène *knock-out*



1 Les chercheurs doivent d'abord prélever chez une souris normale le gène qu'ils veulent mettre *knock-out*. En laboratoire, ils le mettent *knock-out* en insérant en plein milieu un autre gène qui permet aux cellules de survivre en présence d'un antibiotique.

2 On prélève certaines cellules souches d'un embryon de souris brune et on y injecte le gène *knock-out*. Ainsi, la couleur brune est associée à la présence du gène *knock-out*.

3 On place alors les cellules injectées dans un antibiotique. Celles qui ont intégré le gène survivent. Dans la plupart des cas, le gène *knock-out* s'insère un peu n'importe où dans le génome des cellules. Mais dans de rares cellules (une sur 100 000), le gène *knock-out* prend la place du gène normal sur un des deux chromosomes :

c'est le phénomène de recombinaison homologue. Les chercheurs doivent ensuite trouver ces précieuses cellules en examinant leur matériel génétique. Un travail de moine !

4 Ces cellules munies d'une copie du gène *knock-out* sont injectées dans des embryons de souris noires.

5 On implante ensuite ces embryons dans une mère porteuse. Les souriceaux posséderont à la fois des cellules normales (noires) et des cellules *knock-out* (brunes).

6 Par une série de croisements et au moyen de techniques d'examen du matériel génétique, on obtient des souriceaux dont chacune des cellules contient deux copies du gène *knock-out* : chez eux, la fonction du gène aura complètement disparu.

La science du tiers monde, une espèce menacée

Nous sommes habitués à faire la charité au tiers monde. Mais de plus en plus, les problèmes planétaires que nous partageons avec les pays les plus pauvres nous obligent à redécouvrir le rôle des scientifiques du Sud et de l'Est.

par Jean-Marc Fleury



La malaria n'est plus une maladie exclusivement tropicale. Elle frappe aussi à Montréal, New York, Bruxelles et Genève. Près de 700 Canadiens, surtout des touristes et des immigrants, en ont souffert en 1991. C'est deux fois plus qu'il y a cinq ans. Nouveau phénomène, en Europe, quelques-unes des victimes n'ont jamais quitté leur pays. Elles habitent simplement près d'un aéroport. Les moustiques qui leur ont transmis le dangereux parasite sont venus des tropiques, passagers clandestins d'avions. Aujourd'hui, les maladies du Sud, les maladies de pays pauvres, sont aussi les nôtres.

Il y a pire que la malaria. Le virus du sida existait probablement en Afrique depuis longtemps, avant de se répandre dans toute la planète. D'autres virus tropicaux, peut-être aussi dangereux, se manifesteront probablement dès que les conditions seront propices. Plusieurs alertes ont d'ailleurs précédé la

L'Allemagne, le Japon et les États-Unis se livrent à une véritable course aux phyto-médicaments, c'est-à-dire aux médicaments isolés à partir de plantes. Des milliers de plantes tropicales recèlent un potentiel médical qui reste à découvrir, ou à redécouvrir auprès des guérisseurs locaux, comme celui-ci au Belize.

pandémie de VIH. À la fin des années 60, le virus de Marburg, introduit en Allemagne à partir de cellules de singe importées de l'Ouganda, a tué plusieurs scientifiques. En 1976, le virus Ebola a foudroyé des centaines de personnes, au Soudan et au Zaïre. Les médecins et les infirmières belges qui tentaient de sauver les malades y sont passés. Moins d'une victime sur dix survivait ! Dernièrement, en 1990, des chercheurs américains ont eu la désagréable surprise de découvrir que des rats de la ville américaine de Baltimore portent le virus de la fièvre hémorragique coréenne, qui peut tuer en attaquant les reins.

Partenaires incontournables

Un autre problème commun est le bouleversement de l'environnement. Qui sont les cinq plus grands émetteurs de CO₂, le principal gaz à effet de serre ? Les États-Unis bien sûr, mais aussi l'ancienne Union sovié-

que, le Brésil, la Chine et l'Inde. Encore une fois, la solution doit être globale. Au cours des prochaines décennies, la part de responsabilité des pays industrialisés diminuera, celle du reste de la planète explosera. Entre 1980 et l'an 2000, la Chine aura triplé sa consommation de charbon, sa principale source d'énergie, bon marché mais très polluante. Cela annulera complètement la diminution de 20 % des émissions de CO₂ envisagée par les pays industrialisés, remarque Mark Jaccard, professeur en gestion des ressources naturelles à l'université Simon Fraser, en Colombie-Britannique.

La listes des problèmes communs entre les pays riches et pauvres continue : villes débordées, sous-alimentation d'une partie de la population, vagues de réfugiés, épuisement

des sols de la planète ? se demande le professeur M.G.K. Menon, ministre indien de la Science et de la Technologie.

En voie de décomposition...

Mais au Sud et à l'Est, la science est affaîmée. La recherche de nouvelles solutions, de nouvelles voies de développement, est pratiquement bloquée. « Nous avons affaire à des communautés scientifiques en voie de décomposition rapide », dit le professeur Tom Eisemon, de l'Université McGill.

Les années 70 étaient pourtant très encourageantes. « Lorsqu'on examine l'évolution des ressources budgétaires en recherche et développement, on observe qu'en 1973, la part des pays en développement était de 2 à 3 % des dépenses mondiales,

nombreuses institutions, qui avaient été mises sur pied à grands frais, en ont beaucoup souffert.

Les exemples abondent. Tom Eisemon parle de l'Université de Kampala, en Ouganda, où personne ne connaît le nombre d'étudiants, voire le nombre de professeurs. Faute d'argent, on n'y publie plus de rapport annuel depuis longtemps. Et l'Europe de l'Est n'est guère mieux. « C'est comme si le nombre de pays du tiers monde augmentait à vue d'oeil », déplore-t-il.

Des critères objectifs ?

Mais notre vision d'Occidentaux noircit peut-être la situation. Il est en effet facile de généraliser à partir d'exemples isolés, et de reproduire le cliché selon lequel seuls les riches sont productifs. Peut-on mesurer objectivement la productivité scientifique ? Oui ou non.

L'Institute for Scientific Information (ISI), de Philadelphie, est la référence obligée dans ce domaine. L'ISI expédie à ses abonnés les sommaires des 3000 plus importantes revues scientifiques du monde, ce qui aide les chercheurs à se tenir au courant de travaux de leurs pairs. L'Institut dresse aussi des statistiques sur les publications de chaque chercheur, par exemple, le nombre de fois qu'il est cité dans d'autres travaux. L'ISI peut ainsi évaluer la productivité d'un laboratoire, d'un département ou d'une institution. En 1983, le fondateur de l'ISI, l'Américain Eugene Garfield, a fait pour la première fois cet exercice pour l'ensemble des pays en développement. Conclusion désolante : les chercheurs du tiers monde, où habitent le quart des 110 millions de diplômés en science et en génie de la planète, n'écrivent que 5 % des articles scientifiques répertoriés.

Mais une poignée d'experts refusa de croire que 80 % de la population mondiale ne produit que 5 % des connaissances scientifiques. Selon eux, les critères utilisés pour mesurer « objectivement » la productivité scientifique ne sont peut-être pas aussi objectifs qu'ils ne paraissent. D'abord, disent les scientifiques contestataires, l'ISI ne recense que 3000 revues, alors qu'il en existe au moins 70 000. D'autre part, peu de revues publiées dans des langues autres que l'anglais sont retenues. Par exemple, sur les 200 journaux scientifiques de la Thaïlande, l'ISI n'en retenait que deux. La part des chercheurs du Sud augmente encore plus lorsqu'on analyse le contenu des bases de données qui colligent aussi la littérature « grise » : les rapports, les thèses, les études et les divers bulletins ne faisant pas l'objet de publications officielles.



Les Indiens de la réserve de Split Lake, dans le nord du Manitoba, déterminent la qualité de leur eau potable au moyen d'un test mis au point par des chercheurs de Malaisie, d'Amérique latine et du Canada. Ce test est plus rapide, plus facile à utiliser et moins cher que les anciennes méthodes.

des ressources, notamment de la forêt.

Au Nord et à l'Ouest, chez les riches, on commence à réaliser que les scientifiques du tiers monde sont souvent les mieux placés pour s'attaquer à ces problèmes. En clair, nous avons besoin de ces chercheurs. Leurs travaux sont essentiels en agriculture, en ingénierie de l'environnement, en médecine (voir l'encadré en page 39). La recherche de nouveaux médicaments dans la luxuriante biodiversité tropicale est l'un des exemples les mieux publicisés, l'effet de serre en est un autre. Comment comprendre le réchauffement de l'atmosphère sans étudier le climat des pays en voie de développement, qui représentent les trois cinquièmes

constate Jacques Gaillard, chercheur à l'Institut de recherche scientifique en coopération pour le développement, à Paris. Cette part a augmenté jusqu'à 6 % à la fin des années 70, avant de décliner pour atteindre 4 % à la fin des années 80. », Au banc des accusés : les coupures budgétaires imposées par le remboursement de la dette extérieure, ainsi que les politiques économiques du Fonds monétaire international et de la Banque mondiale, qui prônent un désengagement de l'État. « Beaucoup de chercheurs travaillent dans le secteur public, où les coupures ont été très importantes », dit Tim Dottridge, du Centre de recherches sur le développement international (CRDI). De

« Finalement, seulement la moitié de la science du tiers monde avait été recensée », résume Jacques Gaillard, qui définit deux catégories de science. Il y a d'abord la science mondiale, que l'on retrouve dans les 3000 grandes revues internationales. Il y a ensuite la science globale, qui comprend toutes les données répertoriées pour la science mondiale, mais aussi le contenu hétéroclite des bases de données et des revues scientifiques locales. Si le tiers monde ne contribue qu'à 5 % de la science mondiale, il produit le 10 à 20 % de la science globale.

Jne lourde concurrence

Ces chiffres restent malgré tout accablants. Même en tenant compte de la productivité réelle du tiers monde, la science reste dominée par les pays fortement industrialisés.

Augmenter le nombre de chercheurs dans les pays pauvres ne rééquilibrerait pas nécessairement la situation. En fait, les chercheurs du tiers monde sont même plus nombreux qu'avant. Au début des années 60 par exemple, le quart des chercheurs en agronomie travaillaient dans un pays pauvre. Au début des années 1980, le tiers monde accueillait déjà près de la moitié des chercheurs de ce domaine. Mais alors qu'on engageait des nouveaux scientifiques, les budgets chutaient. Conséquence tragique, après avoir payé les maigres salaires, il ne reste plus d'argent pour acheter, voire réparer, l'équipement. Difficile d'être productif dans un laboratoire sous-équipé.

Et ce n'est pas tout. « Que voulez-vous qu'un chercheur qui gagne l'équivalent de 25 cents l'heure fasse ? », demande Tom Eisemon, faisant entre autres référence aux conditions qui sévissent en Roumanie. La réponse : le scientifique cherche d'autres sources de revenus et d'autres occupations plus payantes. Une solution est d'émigrer. L'Inde occupe la première place au triste palmarès de la fuite des cerveaux. Ce pays a fourni entre 40 000 à 50 000 scientifiques aux États-Unis, et plus de 10 000 au Canada et à la Grande-Bretagne.

Peut-on être optimiste ? Difficilement. La recherche sur les problèmes globaux, en climatologique par exemple, aurait pu être une perche tendue au tiers monde. Mais selon Jacques Gaillard, la tendance est plutôt aux recherches pointues, définies par le Nord, qui exigent des équipements sophistiqués. Or la technologie devient moins accessible aux pays pauvres. Et ce n'est pas uniquement pour une question d'argent. Les succès du Japon ont servi une dure leçon aux Occidentaux : rendre leurs résultats scientifiques et technologiques disponibles peut créer

de nouveaux concurrents. Le Japon, devenu leader, s'est bien gardé de répéter l'erreur. L'économiste américain Lester Thurow, doyen de la Sloan School of Economics du Massachusetts Institute of Technology, à Boston, s'inquiète que l'accès à la technologie ne devienne plus difficile pour les pays les moins avancés.

Les nouveaux systèmes d'information facilitent quand même l'accès à certaines techniques. Encore faut-il pouvoir comprendre et assimiler ces informations. « Sans capacité scientifique et technique endogène, impossible d'emprunter et de bénéficier pleinement de la technologie des autres. Voilà ce que démontrent les études du CRDI », insiste Tim Dottridge.

Les résultats scolaires des écoliers coréens en mathématiques et en physique les placent en tête de tous les pays. Entre 1980 et 1990, les dépenses en recherche et développement de la Corée sont passées de moins de 1 % du produit national brut à 2,4 % (le Canada est sous la barre des 2 %.) L'objectif coréen pour l'an 2000 est de 5 %. Pour Tom Eisemon, la clé de la réussite de la Corée est d'avoir intéressé le secteur privé, qui finance maintenant les deux tiers des activités de recherche et de développement (au Canada : deux cinquièmes). Depuis 10 ans, cet ancien pays pauvre a multiplié par 60 le nombre de ses chercheurs ! Ils étaient environ 1000 en 1980, ils seront 150 000 à la fin du siècle. La Corée veut un premier prix Nobel d'ici 20 ans.



L'Indonésie est un des rares pays du tiers monde où le gouvernement reconnaît la nécessité d'investir dans la recherche.

Les premiers de classe

Malgré tout, certains pays « en voie de développement » se tirent plutôt bien d'affaire. « Le Brésil a accru sa production scientifique, dit Tom Eisemon. Ses chercheurs, surtout ceux en sciences physiques, ont su enjôler leur gouvernement. Et les bailleurs de fonds internationaux ont suivi. » De même, en Indonésie, en Malaisie et en Thaïlande, la situation s'améliore. Les gouvernements de ces pays ont su reconnaître les bénéfices des investissements en recherche. À Taïwan, l'État a encouragé les grosses compagnies à investir en recherche et développement, tout en investissant dans la formation universitaire. Même chose pour la Corée du Sud.

La Corée. S'il est un pays à suivre, le voilà.

L'avenir réserve peut-être d'heureuses surprises à certains pays considérés pauvres. Déjà, la fuite des cerveaux a été inversée à Taïwan, où retourne de nombreux scientifiques américains d'origine taïwanaise. Des milliers de scientifiques d'origine indienne, coréenne et chinoise sont parmi les plus brillants des universités et des entreprises américaines. Et s'ils décidaient de revenir dans leur pays d'origine ? Le potentiel scientifique du Sud s'accroîtrait rapidement, pour le plus grand profit des habitants du Sud... et du Nord.

Jean-Marc Fleury est administrateur de programme au Centre de recherches sur le développement international (CRDI)

Des succès scientifiques du tiers monde

Malgré des conditions de travail inimaginables pour un chercheur québécois, les scientifiques du tiers monde font un travail essentiel. Voici quelques exemples de leurs succès.

La pharmacie du Sud

L'industrie pharmaceutique bénéficie de recherches effectuées dans le tiers monde. Près de la moitié de nos médicaments trouvent leur origine dans une substance naturelle. Parmi les milliers de nouveaux produits chimiques homologués annuellement, plus de la moitié sont isolés à partir de plantes. Déjà les plantes tropicales ont fourni des tranquillisants, des substances anti-cancer, des cardiotoniques (régulateurs des contractions cardiaques) ainsi que la matière première des premiers contraceptifs hormonaux. Sur les 250 000 à 300 000 espèces végétales, on en a examiné seulement 5000 pour leur potentiel médical. La plupart se trouvent dans les tropiques et il en reste des milliers à découvrir.

La nécessité étant la mère de l'invention, le tiers monde sait se faire inventif. Un nouveau vaccin contraceptif a ainsi été mis au point par le docteur G.P. Talwar, de l'Institut national d'immunologie, à New Delhi. Ce vaccin, qui protège contre la grossesse pendant 2 à 5 ans, a prouvé son efficacité au cours des premiers tests cliniques effectués le printemps dernier. Pendant que les études se poursuivent, des compagnies pharmaceutiques commencent à s'y intéresser.



Le professeur G.P. Talwar, de l'Institut national d'immunologie, à New Delhi, a inventé un vaccin contraceptif qui protège contre la grossesse pendant 2 à 5 ans.



Fruit africain vs moule zébrée

La fréquentation d'un scientifique du tiers monde a profité à Harold Lee, un professeur de biologie à l'Université de Toledo (Ohio). Au cours d'une discussion avec Aklilu Lemma, de l'Université d'Addis Abeba, en Éthiopie, les deux hommes ont envisagé qu'une substance extraite d'un fruit africain, l'endod, pourrait être fatale aux moules zébrées. Cette toute petite moule, d'à peine 3 ou 4 cm de longueur, originaire d'Europe, s'apprête à envahir le fleuve Saint-Laurent après avoir envahi les Grands Lacs. Elle se multiplie avec une frénésie à recouvrir des plages entières, étouffer les crustacés et autres mollusques, et boucher les prises d'eau des grandes villes. Déjà, Aklilu Lemma avait utilisé l'endod pour tuer un escargot vecteur d'une maladie tropicale, en Éthiopie. Aujourd'hui, les travaux du chercheur éthiopien ont mis ses collègues américains et canadiens sur la piste d'une solution écologiquement acceptable pour venir à bout de l'envahissante moule zébrée.



Dans les Grands Lacs, la moule zébrée s'incruste partout, y compris sur cette écrevisse. Le chercheur éthiopien Aklilu Lemma (sur la photo) et son collègue canadien proposent d'utiliser l'endod, un fruit africain, pour venir à bout de cette plaie.

Des cultures plus résistantes

Le canola est l'une de ces nouvelles plantes inventées par l'homme. Il a été mis au point dans l'Ouest canadien, à partir de différentes variétés de colza. On extrait de cette plante à fleurs jaunes l'huile végétale qui a le plus faible taux de gras saturé de toutes les huiles comestibles. Cela fait du canola la troisième culture d'exportation du Canada. Mais cette plante souffre d'une maladie, la pourriture de la racine, qui détruit parfois la moitié des surfaces cultivées dans l'Ouest canadien. Des variétés cultivées en Chine résistent à ce champignon. Dans le cadre d'une recherche financée par le CRDI, Roger Rimmer, de l'Université du Manitoba, à Winnipeg, a obtenu le gène de la résistance et l'a incorporé aux variétés canadiennes. Les nouvelles variétés résistantes devraient être disponibles pour les prochaines semences.

Des histoires similaires existent pour le blé, l'orge, le maïs, la pomme de terre, la tomate. Continuellement, nos cultures ont besoin d'une bouffée de gènes nouveaux que l'on obtient la plupart du temps des pays du Sud.

Livres

par Danielle Ouellet

PETR SKRABANEK
JAMES McCORMICK

IDÉES FOLLES,
IDÉES FAUSSES
EN MÉDECINE



Idées folles et
idées fausses en
médecine

James McCormick et
Petr Skrabanek

Éditions Odile Jacob, 1989
208 pages, 31,95 \$

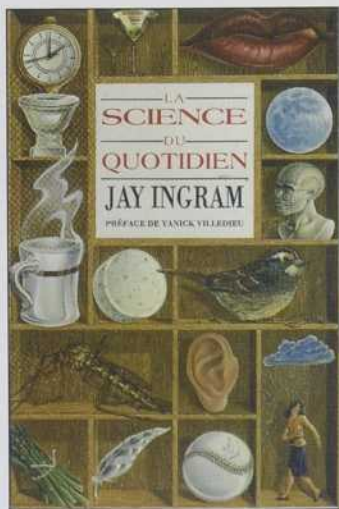
— Le père a la syphilis et la mère est atteinte de tuberculose évolutive. Des quatre enfants précédents, le premier est aveugle, le deuxième est mort, le troisième est sourd-muet et le quatrième est tuberculeux. Que me conseillez-vous ?

— Sans hésitation l'interruption de grossesse.

— Alors vous auriez assassiné Beethoven.

L'argument est bien connu. Mais le lien existe-t-il vraiment entre la syphilis paternelle, la tuberculose maternelle et la mise au monde de futurs génies ? À moins de le démontrer formellement, le raisonnement n'a aucune valeur. Des idées comme celle-là sont pourtant légion dans le monde médical et encore plus dans la croyance populaire. Les auteurs d'*Idées folles, idées fausses en médecine* dénoncent les aberrations médicales dont nous sommes encore victimes. En plus des

raisonnements sans valeur, ils s'attaquent aussi aux abus de langage des scientifiques qui camouflent ainsi leur ignorance, au silence sur les erreurs médicales et aux diagnostics à tout prix. L'homéopathie et l'acupuncture en prennent aussi pour leur rhume. On découvre même des maladies inventées. Connaissez-vous la drapétomanie ? C'est le nom que l'on donnait le plus sérieusement du monde à la « maladie » des esclaves noirs (*drapeta* signifie esclave évadé) qui ne pouvaient pas résister à l'envie de s'évader, un comportement considéré par le monde médical comme complètement irrationnel. Un livre étonnant et drôle, une contribution à la lutte contre l'erreur médicale, que l'on parcourt le sourire aux lèvres car il vaut souvent mieux en rire que d'en pleurer.



La science
du quotidien

Jay Ingram

Éditions MultiMondes, 1992
242 pages, 19,95 \$

La guerre des sexes pour l'utilisation de l'accoudeur dans les avions, le comportement des molécules d'eau dans une tasse de café, des raisons historiques et scientifiques

pour prendre son bain, des oiseaux violeurs de nids, la complexité de la marche (eh oui !) et la psychologie des utilisateurs de toilettes publiques, autant de sujets abordés dans *La science du quotidien*. On y découvre que Roadrunner, qui continue de courir horizontalement au-dessus du vide avant de tomber, révèle ainsi son ignorance d'une loi scientifique connue depuis des siècles. L'auteur prend prétexte de situations de tous les jours pour faire passer en douceur des informations scientifiques qui pourraient être indigestes. L'effort de vulgarisation est louable et les amateurs d'anecdotes et de courtes nouvelles seront bien servis.

Intelligences
extra-terrestres

Jean Heidmann

Éditions Odile Jacob, 1992
250 pages, 41,95 \$

La recherche de la vie dans l'univers : où en sommes-nous ? quels sont les moyens à notre disposition ? L'auteur, radio-astronome et cosmologue, fait le point.



La Cruauté envers
les animaux

Rapport final de la Table de concertation sur la prévention de la cruauté envers les animaux

Les Publications du Québec,
1992
48 pages, 7,95 \$

Une réflexion sur la relation entre les humains et les animaux a conduit à cette publication des normes minimales de garde des animaux.

Musée

Le Saint-Laurent,
attention fragile !

Au Musée de la civilisation, à Québec, jusqu'au 12 septembre 1993

Une exposition sur le fleuve, l'importance qu'il a pour ses riverains, ses problèmes d'environnement, son avenir...

Spectacle

De l'infiniment petit à l'infiniment grand

Planétarium Dow
1000, rue Saint-Jacques Ouest, Montréal (514) 872-4530.
Jusqu'au 9 mai

Le Planétarium Dow nous propose un voyage dans l'univers, au-delà de ce que nous percevons avec nos sens. On part d'une scène connue sur la Terre, puis on s'en éloigne jusqu'à devenir spectateur du système solaire, de la galaxie, de l'amas local... On poursuit le voyage jusqu'à atteindre la limite de nos connaissances actuelles, où l'univers apparaît comme de longs filaments remplis de galaxies, séparés par d'immenses régions vides. On fait ensuite un retour rapide vers la Terre et pour se diriger vers l'infiniment petit : sous la peau du bout d'un doigt, dans un globule blanc, dans une chaîne d'ADN, dans un atome de carbone, pour finir dans un quark, la plus petite structure connue...



Le magazine

Québec Science

L'information intelligente

Pour connaître et comprendre notre monde en mutation, *Québec Science* est l'outil privilégié. Il guette tout ce qui est nouveau dans les domaines de la science et de la technologie.

À chaque numéro, *Québec Science* offre des reportages sur l'actualité, des dossiers fouillés, des illustrations détaillées, des photos étonnantes... et vos chroniques préférées.

Québec Science fait vivre l'aventure scientifique, ses succès, ses échecs, dans notre quotidien comme dans les laboratoires.

Québec Science vous permet d'être à jour dans les domaines les plus actuels : énergie, santé, environnement, innovations technologiques, nature, espace, biotechnologies, transports, recherche fondamentale au Québec et dans le monde...

Québec Science est le magazine qui présente les faits et les met en perspective, avec les nuances nécessaires, pour aider à comprendre les grands enjeux de notre société.

Québec Science

c'est **le savoir
l'actualité
la science au quotidien**

Économisez jusqu'à 30% en vous abonnant ou en vous réabonnant et recevez un cadeau

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



Cette offre expire le 30 avril 1993



OUI

- je m'abonne
 je me réabonne

à Québec Science.

- 1 an (10 nos) 34,67 \$ TTC
 2 ans (20 nos) 59,86 \$ TTC
 3 ans (30 nos) 83,20 \$ TTC

(Étranger, voir les tarifs en page 4)

Numéro d'enregistrement de la TPS : R-1335-97427
Numéro d'enregistrement de la TVQ : 1013609086TQ0001

**Détachez et expédiez à
QUEBEC SCIENCE.
C.P. 250, Sillery,
Québec G1T 2R1
Tél.:(418) 657-3551
poste 2854
Télec.: (418) 657-2096**

Je vous demande donc de me faire parvenir *

- une reliure pour mon abonnement de deux ans
 deux reliures pour mon abonnement de trois ans

* Allouez 4 semaines pour l'expédition

Nom	Prénom
Adresse	app.
Ville	Province
Code postal	Sexe <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> F
Profession:	Tél.:
<input type="checkbox"/> Chèque <input type="checkbox"/> Mandat-poste <input type="checkbox"/> Visa <input type="checkbox"/> MasterCard Chèque ou mandat-poste à l'ordre de Québec Science	
N° de carte	Date d'expiration
Signature	

par Danielle Ouellet

Mourir pour des idées, d'accord, mais de mort lente...

Rome, 22 juin 1633. Le tribunal de l'Inquisition rend son verdict. Galilée est coupable. S'il ne renonce pas à affirmer que la Terre tourne autour du Soleil, il sera torturé.

Trois siècles et demi passent...

Rome, 1^{er} novembre 1992. Le pape Jean-Paul II déclare officiellement devant l'Académie pontificale des sciences que Galilée avait raison, mais que l'Inquisition avait agi en toute bonne foi. Ce sont les conclusions d'un comité qu'il a lui-même mis sur pied en 1979.

Galilée était l'un des plus éminents savants italiens de son époque. Déjà, lorsqu'il écrit, il rompt avec une tradition bien établie : il ne publie pas en latin mais en italien, la langue vulgaire. Ses textes ne s'adressent donc pas aux seuls initiés. Cela est d'autant plus dangereux que certaines de ses idées sont en contradiction avec les Saintes Écritures et menacent la foi. L'interprétation de la Bible selon le dogme des théologiens refuse une conception du monde où la Terre n'est pas le centre de l'Univers. En 1616, un premier tribunal adresse un sérieux avertissement à Galilée : il doit cesser toute affirmation, « hérétique, fautive et stupide » selon laquelle la Terre tournerait autour du Soleil. On lui indique, par la même occasion, le rôle de l'homme de science : il peut énoncer des hypothèses mais ne faire aucune affirmation qui contredise la tradition.

Galilée se soumet, mais en apparence seulement. Obstiné, il se lance dans la rédaction d'un ouvrage qui ridiculise ses opposants, en l'occurrence le très puissant clergé romain. En 1632, il publie son *Dialogue sur les deux principaux systèmes du monde* mettant en scène trois personnages fictifs qui discutent entre eux. Salviati défend la position de Galilée. Sagredo est un homme cultivé qui s'intéresse aux idées de Salviati. Il ne se contente pas de les comprendre mais il apporte des arguments intelligents de son crû pour ap-



La vie de Galilée, une pièce de Bertolt Brecht mise en scène par Robert Lepage, raconte les démêlés de Galilée (le comédien Rémy Girard) avec le pape Urbain VIII (Yves Jacques).

puyer ses dires. Enfin Simplicio est un traditionaliste plutôt borné qui défend le vieux système basé sur les idées d'Aristote et selon lequel la Terre est le centre immuable du monde.

Le dialogue commence par une conversation à bâtons rompus où le lecteur ne peut qu'être séduit par la verve de Salviati et de Sagredo. Mais Simplicio apporte comme argument ultime que Dieu, dans son infinie puissance, peut s'organiser pour que ce qu'on perçoit d'un phénomène soit contraire à la réalité. Salvani et Sagredo se rendent finalement de trop bonne grâce à cette « doctrine angélique et admirable ». En ridiculisant volontairement cette idée, Galilée jouait d'audace car le dernier argument de Simplicio lui avait réellement été servi par un cardinal influent quelques années plus tôt.

Cette fois, Galilée est allé trop loin. Il s'était aussi fait des ennemis dans d'autres domaines scientifiques parce qu'il défendait la notion d'atome indivisible, une idée qui sera officiellement censurée par l'Église en 1632. Même les membres du clergé qui l'appuient ne peuvent pas lui éviter un procès. Pour échapper à la torture, il renie officiellement sa position. « Mourir pour des idées, chantera Georges Brassens, d'accord, mais de mort lente. » C'est le choix qu'a fait Galilée. Selon la légende, il aurait tout de même murmuré, à la sortie du tribunal, cette parole devenue célèbre : « Et pourtant, elle tourne ! »

Galilée a finalement été condamné à la prison, peine qui a été commuée en un exil forcé dans sa résidence d'Arcetri. Il y mourra neuf ans plus tard, non sans avoir continué de correspon-

dre avec d'autres savants à travers l'Europe et publié en Hollande un livre où il y exposait l'inutilité de sa condamnation. Le clergé l'obligera encore une fois à se rétracter, mais ses idées trouvent de plus en plus d'adeptes.

Quelques entorses à la réalité

Cet épisode a marqué une étape cruciale de l'histoire occidentale des sciences. Pour la première fois, la science commence à acquérir une liberté en regard de la religion, liberté qui a pris de l'ampleur au cours des siècles qui ont suivi. Pourtant, Galilée n'a jamais fait la preuve de ses allégations. Et dans certains cas, il affirmait carrément des faussetés. Par exemple, il était convaincu que les marées résultaient de la rotation de la Terre sur son axe et utilisait cet argument comme preuve que la Terre tournait bel et bien sur elle-même. En réalité, les marées sont causées par les forces d'attraction exercées par la Lune sur l'eau de la mer. Or Galilée ne croyait pas que les masses s'attiraient. Ce qui illustre à quel point les plus grands changements dans la pensée scientifique ne s'appuient pas nécessairement sur des faits entièrement prouvés.

Dans son discours de réhabilitation l'automne dernier, le pape Jean-Paul II parle de la « tragique incompréhension réciproque » entre opposants au cours du procès. Jean-Paul II parle aussi d'une « décision hâtive et déplorable ». Si la condamnation de Galilée a été décidée à la hâte, on ne peut certes pas en dire autant de sa réhabilitation, survenue 359 ans plus tard ! ●

Danielle Ouellet est docteure en histoire des sciences.

par Raynald Pepin

L'heure de la pause-thé

Que notre monde serait morne sans les bienfaits de la civilisation anglaise ! L'Angleterre nous a apporté la pelouse (et la tondeuse), le sport et, plus que tout, le thé. Le *five o'clock tea* reflète l'art de vivre des Anglais. Ah ! Le plaisir de finir sa journée de travail avec une bonne tasse de thé et quelques biscuits...



Certains thés sont aromatisés. On vaporise ainsi de l'huile essentielle de bergamote sur les feuilles pour obtenir le parfum du Earl Grey.

Après la cueillette, les feuilles de thé sont hachées et écrasées, puis on les laisse fermenter durant quelques heures avant de les sécher. La fermentation est due à des enzymes présentes dans le thé, en particulier la polyphénoloxydase. C'est cette enzyme qui est responsable de la couleur du thé car elle transforme les substances phénoliques des feuilles en divers composés, dont des pigments rougeâtres et bruns. La même enzyme est aussi responsable du brunissement des pommes et d'autres lorsqu'ils sont coupés.

On infuse

Lors de l'infusion, les pigments passent en solution et colorent le thé. Dans le cas du thé vert, les feuilles sont exposées à la vapeur avant d'être écrasées et séchées, ce qui détruit les enzymes et empêche le brunissement.

La couleur du thé est sensible à l'acidité de l'eau. Plusieurs des pigments sont en effet des acides faibles : une fois en solution, certaines des molécules de pigments se séparent en un proton et un ion négatif. À cause de la répartition de leurs électrons, ce sont les ions négatifs qui sont colorés. Si on ajoute du jus de citron ou du vinaigre au thé, les ions hydrogène positifs de l'acide, plus nombreux, neutralisent les ions négatifs. La

couleur du thé pâlit, car les ions négatifs colorés sont alors moins nombreux.

Le thé contient de la caféine, mais moins que le café. Une tasse de thé ordinaire, infusée durant deux ou trois minutes, en fournit environ 40 milligrammes, soit deux fois moins qu'une tasse de café (en Amérique du nord, un adulte consomme en moyenne 225 milligrammes de caféine quotidiennement). La concentration de caféine dans le thé double toutefois quand le temps d'infusion passe de une à cinq minutes.

On sucre

Un susucré avec ça ? Au fait, comment les grains de sucre adhèrent-ils pour former un cube dur ?

En usine, les cubes sont fabriqués en mélangeant du sucre granulé avec une faible quantité de sirop (du sucre dans l'eau). Enrobés par un mince film de sirop, les grains de sucre prennent en pain lorsqu'ils sèchent, comme du sucre qu'on laisse exposé à l'humidité. On coupe ensuite en cubes les pains de sucre.

Reste à comprendre ce qui se produit. « La molécule de sucre, ou saccharose, contient de nombreux radicaux hydroxyles (OH), qui sont polaires, explique Herman Dugas, chimiste à l'Université de Montréal. Ces groupes polaires forment des liaisons hydrogène attractives entre les molécules de sucre. » L'eau, qui est elle-même polaire, se lie facilement au sucre, ce qui le dissout. Lors de la fabri-

Déguster une tasse de thé est toute une expérience. Après avoir bien tassé les feuilles de thé dans la boule à thé (la « cocotte »), on plonge cette dernière dans l'eau frémissante. L'eau commence son travail de saponification afin de mettre en solution les « principes actifs » du thé. La feuille de thé contient plus de 500 molécules volatiles différentes. Petit à petit, ces molécules quittent la surface de la solu-

tion et s'échappent dans l'air, créant l'arôme particulier du thé. Certains de ces composés, comme le géranol et le linalol, sont aussi retrouvés dans les huiles essentielles de rose et de lavande. Pardip Mahanta, un chercheur indien, a montré que les réputés thés Darjeeling (du nom d'une région du nord de l'Inde), croissant en altitude, contiennent jusqu'à cinq fois plus d'arômes floraux que les thés ordinaires.

ation des cubes de sucre, l'enobage par le sirop dissout une partie du sucre à la surface des cristaux. « En séchant, le sucre recristallise en surface, formant alors un pont solide entre les cristaux. » Le sucre brun, fabriqué en mélangeant du sucre blanc et de la mélasse, contient davantage d'eau en surface que le sucre blanc. Exposé à l'air, il durcit donc plus facilement.

En passant, savez-vous pourquoi autant de montagnes sont appelées « Pain de sucre » ou « Sugarloaf » ? C'est que jusqu'au 19^e siècle, les procédés de fabrication du sucre étaient moins sophistiqués. Le sucre, séché partiellement, était mis à égoutter dans des moules de forme conique, et vendu en vrac sous cette forme, analogue à celle d'une montagne.

Autre parenthèse intéressante : pourquoi les bonbons ne sont-ils jamais emballés dans du papier ? La cellulose du papier contient aussi des radicaux OH, ce qui amène le sucre des bonbons à adhérer au papier ! Pour éviter la formation de liens hydrogène, et pour empêcher la surface du bonbon de

capter l'humidité, on utilise donc du papier ciré ou du plastique.

Quand je sucre mon thé avec un cube, je mets doucement le cube en contact avec le liquide pour voir le thé monter dans le cube ! Ce phénomène est appelé capillarité. Le thé monte parce que les molécules d'eau sont attirées par les molécules de sucre, à cause des forces d'attraction dues aux groupes polaires.

On remue

Pour accélérer la dissolution du sucre et le répartir également, il reste à remuer le thé. C'est l'occasion d'observer un autre curieux phénomène. Les petites feuilles de thé qui se sont échappées de la boule se rassemblent au centre de la tasse, au fond. On peut en profiter pour essayer de prédire l'avenir... mais on peut aussi se demander pourquoi les feuilles de thé ne sont pas repoussées vers la paroi extérieure par le liquide en rotation.

Considérons une goutte de thé en rotation dans la tasse (voir l'illustration). Pour



Après la cueillette, on laisse fermenter les feuilles avant de les sécher, ce qui donne sa couleur au thé.

qu'elle garde sa trajectoire circulaire, il faut qu'une force infléchisse son mouvement. Autrement, elle continuerait tout droit. Cette force, appelée centripète en physique, est dirigée vers le centre de la tasse. Cette force ne peut être exercée que par le liquide qui entoure la goutte, ce qui signifie que la pression est plus forte au bord qu'au centre de la tasse. (La pression, c'est la force exercée par un liquide sur une surface.)

En principe, le thé devrait tourner de la même façon en haut et en bas de la tasse. En fait, le thé en contact avec le fond est ralenti par le frottement. Comme il circule moins vite, il faut moins de force centripète pour le faire tourner. La différence de pression entre le centre et le bord est donc plus faible dans le fond de la tasse que sur le dessus.

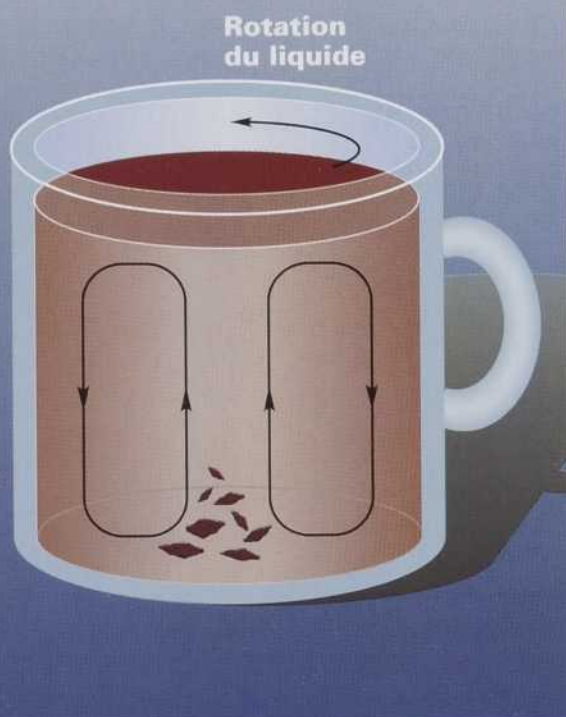
La pression étant plus élevée en haut, il s'établit un courant descendant près de la paroi de la tasse (là où la différence de pression est la plus grande). Pour remplacer le thé qui descend, il se forme un courant de thé ascendant au centre de la

tasse. Quand le liquide commence son ascension, les feuilles de thé, plus denses que l'eau, sont laissées au centre de la tasse par cet écoulement secondaire.

Les méandres des rivières sont aussi causés par des écoulements secondaires semblables à ceux de la tasse de thé. Dans une courbe de la rivière, l'eau devient un fluide en rotation dont la couche inférieure est ralentie par le fond. L'écoulement secondaire engendré descend le long de la rive concave et ramène à la rive convexe les particules arrachées à la rive concave. À la longue, une légère courbe de la rivière est amplifiée et devient un large méandre.

On déguste

Vous êtes prêt à boire, maintenant ? Non, le thé est encore trop chaud. Ne vous fatiguez pas le poignet : une expérience a déjà montré que brasser le thé avec une cuillère a très peu d'effet sur le refroidissement du thé. Les courants de convection naturels sont plus efficaces. Bavardez plutôt quelques minutes. Bonne dégustation. ●





Des robots mobiles

Fabriquer un robot qui se déplace par lui-même dans un environnement inconnu, c'est un défi de taille. En effet, dès qu'on les sort de leur milieu, les robots actuels sont perdus.

La technologie et l'accord de libre-échange

Si le Canada veut prospérer sous l'accord de libre-échange, il doit absolument miser sur les secteurs de haute technologie.

Des maisons intelligentes

Vous pourrez bientôt acheter une maison gérée par ordinateur. Plusieurs développements domiciliaires ont commencé à en construire au Québec. À partir d'un seul clavier d'ordinateur, on y contrôle la plupart des appareils ménagers d'une maison.

Adoptez-moi !

Grâce à vous, amis lecteurs, qui achetez ce numéro de Québec Science en kiosque et participez au concours, ainsi qu'aux gens de Messageries Dynamiques qui ont la responsabilité de la distribution en kiosque du magazine, moi Flippo le béluga, serai bientôt en mesure de recevoir officiellement mon acte d'adoption. Plus vite vous participerez au concours, plus vite je serai adopté.

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

Votre geste vous donnera également 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 et, qui sait, peut-être d'y apercevoir notre futur adopté !

Si vous avez acheté ce magazine chez un détaillant, remplissez tout simplement le coupon ci-dessous, puis découpez et remettez-lui cette annonce complète (les fac-similés ne sont pas acceptés). Vous serez ainsi automatiquement inscrit au concours.

Estampe du détaillant

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

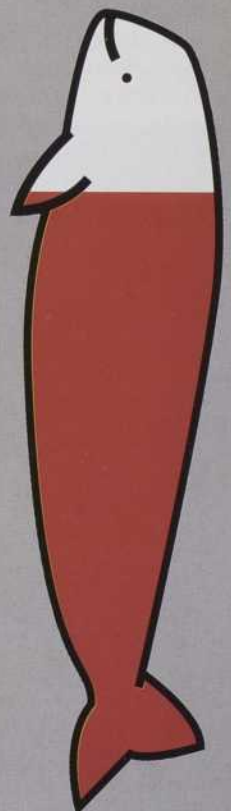
Nom _____

Adresse _____

Ville _____

Code postal _____ Tél. : () _____

Route _____





**SUR LES
MARCHÉS MONDIAUX,
LA MATIÈRE GRISE
SERA TOUJOURS UNE
MATIÈRE PREMIÈRE.**

Pour Alcan, investir dans le développement des compétences, c'est développer un sens intelligent du leadership.

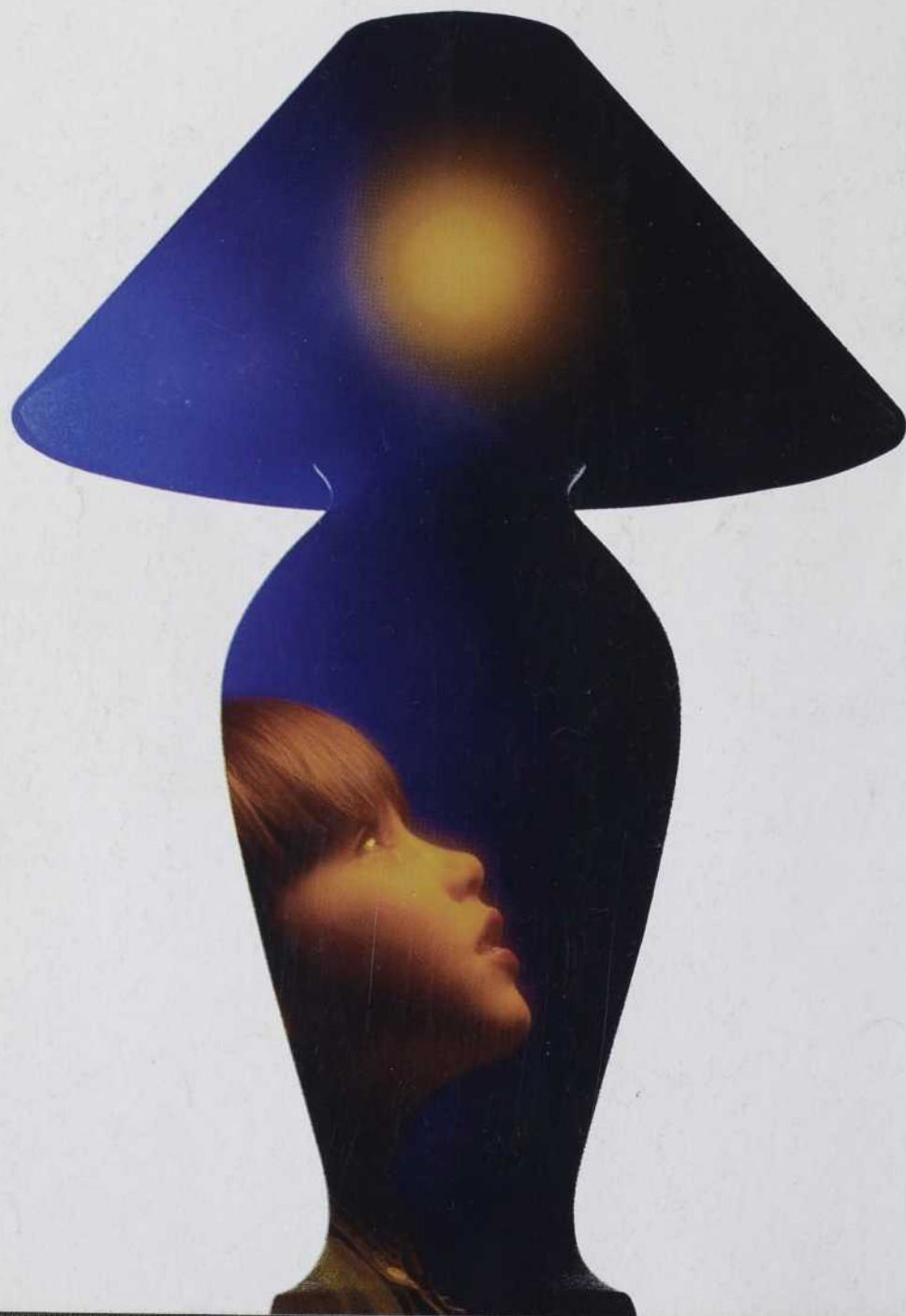
Par des séminaires multi-professionnels, des conférences d'envergure mondiale et des groupes interdisciplinaires, elle favorise la circulation des idées et le transfert des compétences.

Ses programmes d'échanges internationaux demeurent une source de croissance et d'enrichissement pour elle et pour ses employés, comme ils l'ont été pour Marie O'Hagan. Cadre québécois, elle est aujourd'hui vice-présidente, Alcan (Bermuda) Limited.

**ALCAN.
UNE FORCE SENSIBLE.**



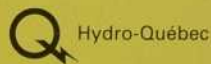
**Nous
retournons
à la source.**



Nous réaffirmons notre
objectif premier : offrir à la
population québécoise
le meilleur service au moindre
coût possible.

Améliorer la qualité de notre
service nécessite des
changements en profondeur
dans la gestion et le fonction-
nement d'Hydro-Québec.

Nous sommes prêts à relever ce
défi dans chacun de nos secteurs
d'activités. Vous donner le
meilleur de nous-mêmes
n'est pas une simple promesse,
c'est un engagement ferme.



Hydro-Québec

Le meilleur de nous-mêmes