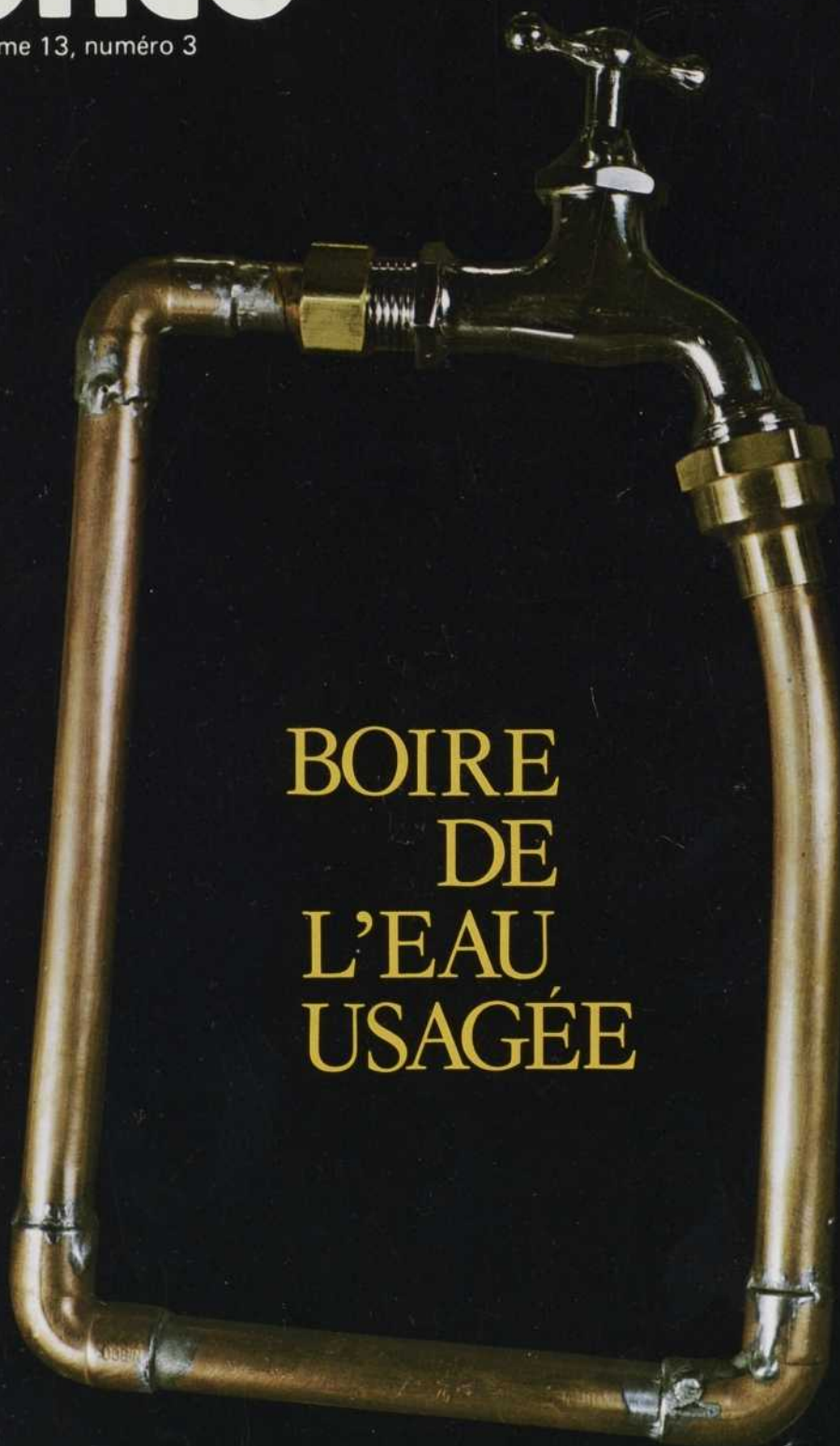


LIMAGAZINE

NOVEMBRE 1974 ○ UN DOLLAR

# Québec science

Volume 13, numéro 3



## BOIRE DE L'EAU USAGÉE

**SURPOPULATION:** un faux problème  
Résoudre le casse-tête du cerveau  
Le grand accélérateur de particules de Vancouver



# La radioprotection à Gentilly

Dans un premier article (*Québec-Science*, mai 1974), nous avons expliqué les dangers que représentent les radiations ionisantes et ce en quoi consiste la radioprotection. Voici, plus concrètement, un aperçu de l'effort déployé par l'Hydro-Québec pour la radioprotection du personnel de ses centrales électronucléaires et du public en général.

## Dans la centrale

La radioprotection commence à la centrale, et même dès sa conception. Tout comme le sera Gentilly 2, Gentilly 1 est construite de façon à minimiser les contacts avec les différentes substances radioactives qu'on peut rencontrer dans une centrale nucléaire, et à minimiser aussi les méfaits que ces substances peuvent exercer à distance par leurs radiations. Pour ce faire, on cherche d'abord à éviter tout contact avec le combustible nucléaire et les produits de fission en les confinant à l'intérieur de gaines appropriées. Les fluides servant à ralentir les neutrons (modérateur) et à transporter la chaleur produite (caloporteur) ne circulent qu'en circuit fermé. D'autre part, par protection contre le rayonnement, des écrans efficaces ont été mis en place entre les sources de radiations et les endroits accessibles aux humains. De nombreux dispositifs de détection veillent continuellement à la sécurité de ceux qui fréquentent la centrale en décelant et révélant toute défaillance impliquant un danger de radiocontamination ou d'irradiation.

Lorsqu'une défaillance se produit (rupture de gaine, fissure de tuyau, etc.), la réparation est faite sans tarder au moyen d'un équipement et de techniques qui permettent aux techniciens d'agir en toute sécurité.

Les bâtiments ont été divisés en quatre sortes de zones en fonction des risques existants. Chaque employé reçoit une formation spéciale qui le rend apte à assurer son auto-protection dans les endroits auxquels il a accès. Préalablement à leur entrée en fonction et périodiquement par la suite, tous les membres du personnel sont soumis à un examen médical approfondi. Ces précautions sont complétées par une surveillance dosimétrique des employés et des visiteurs de la centrale. Chacun doit porter divers appareils enregistreurs (certains en permanence, d'autres pour des besoins spéciaux) qui permettent de connaître, et ce de façon cumulative, la dose de radiations qu'ils ont eu à subir. Si un travailleur (ou un visiteur) était exposé à une dose excessive, des dispositions appropriées seraient prises immédiatement. Mais aucun problème de cet ordre ne s'est présenté jusqu'ici. Au contraire, cette surveillance n'a révélé qu'une dose moyenne de 0.236 rem par employé en 1972 (et de 0.337 rem en 1973, à cause de travaux de réfection), alors que les normes établies acceptent jusqu'à 5 rems.

## Le contrôle des effluents

L'exploitation d'une centrale nucléaire implique inévitablement la production de déchets radioactifs qu'il est pratiquement impossible d'éliminer totalement des effluents qui doivent être rejetés dans l'environnement. Mais la quantité de ces déchets dans les effluents est très faible en regard des normes établies par la Commission internationale de protection radiologique.

Les effluents solides sont facilement contrôlables. Le combustible usé est conservé dans une piscine spéciale à l'intérieur des bâtiments. Il pourra servir plus tard, dans de nouveaux types de centrales. Les autres déchets solides n'ont qu'une activité moyenne ou faible et sont enfouis dans un endroit spécialement aménagé à cette fin, tout près de la centrale.

Les effluents liquides radioactifs sont constitués des eaux utilisées dans le centre de décontamination, dans les laboratoires, etc. Ils passent par un système de traitement et sont analysés avant d'être évacués dans le fleuve en procédant de façon à ce qu'ils soient rapidement dilués. Ces

effluents sont en fait si peu radioactifs qu'on pourrait en boire deux litres par jour sans absorber la dose de rayonnement admise pour un individu de la population.

Les effluents aériens provenant de la ventilation des locaux comportent certains gaz radioactifs et certaines particules radioactives en suspension. Ils sont soumis à plusieurs systèmes de filtration avant d'être rejetés dans l'atmosphère au moyen d'une cheminée de 60 mètres destinée à favoriser leur dilution. Des dispositifs de détection assurent une surveillance continue de ces effluents, permettant un renforcement de la filtration ou un arrêt de la ventilation au besoin.

REJETS AÉRIENS PAR LA CHEMINÉE (moyenne Ci/jour)				
	1970	1971	1972	1973
<sup>131</sup> I (x10 <sup>-3</sup> )	N.D.	0.01	2.02	N.D.
Tritium (oxyde)	négligeable	29	19	4
Gaz rares	N.D.	3	34	N.D.
Aérosols	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

N.D. (non détectable) signifie que les rejets sont inférieurs aux seuils de détection.

## La surveillance de l'environnement

Une surveillance de l'environnement s'ajoute aux divers contrôles des effluents exercés avant rejet. À cette fin, il faut distinguer entre l'environnement public et la zone d'exclusion délimitant autour de la centrale une aire dont l'accès est limité.

Quatre stations de contrôle radiologique installées à la limite de la zone d'exclusion permettent une surveillance continue que certains contrôles périodiques viennent compléter. Diverses analyses sont effectuées sur l'eau de pluie, la neige, l'eau de ruissellement, l'eau d'infiltration, etc. Ces observations ont principalement révélé l'existence dans les eaux étudiées de tritium à l'état de traces et, à quelques occasions, de traces d'iode-131, ainsi que l'augmentation du débit de dose gamma dans le voisinage immédiat de la centrale. Mais, à la limite de la zone d'exclusion, ce rayonnement gamma est indiscernable du rayonnement naturel.

Une surveillance efficace est également exercée au niveau de l'environnement public. Des prélèvements sont faits régulièrement dans le milieu fluvial (eau de surface, retombées sédimentaires, herbes aquatiques, poissons) et dans le milieu terrestre (air, eaux de boisson, herbes, neige, relevé du débit de dose gamma, etc.). Une attention particulière est portée à la chaîne alimentaire "herbe-vache-lait-homme". De toutes ces observations, il ressort que l'influence des effluents de la centrale ne peut se distinguer de la radioactivité préexistante dans ces milieux à l'exception d'une faible quantité de tritium notée à l'occasion dans l'eau de surface du fleuve et dans le lait provenant de fermes voisines de la centrale. Pour vérifier le respect des normes relatives à la dose individuelle, on a calculé quelle serait la dose subie par un récepteur hypothétique situé en permanence au lieu le plus critique et se comportant de façon à accumuler une dose maximale. Même en exagérant beaucoup tous les risques, les doses subies par ce récepteur n'ont jamais excédé le tiers des valeurs admises. Pour le tritium, la dose est 500 fois inférieure à la norme.

La technique nucléaire n'est pas la seule à comporter des dangers. À y regarder de près, il apparaît que l'industrie nucléaire pourrait servir de modèle à l'industrie en général pour ce qui est du soin qu'elle met à assurer la sécurité des humains.

Hydro-Québec





Le Saint-Laurent (et toutes les rivières qui y convergent) est devenu un véritable musée des horreurs. Et si les robinets ne sont pas tous comme celui de notre couverture, la réalité n'est pas différente: l'eau du robinet provient des égouts et n'y retourne que pour mieux s'y infiltrer encore... Notre attitude? Celle de l'eautruche...

## LE MAGAZINE québec science

### Directeur

Jean-Marc Gagnon

### Rédacteur en chef

Jean-Marc Fleury

### Chef des informations

Benoît Drolet

### Secrétaire de rédaction

Diane Dontigny

### Correspondant pour l'Europe

Fabien Gruhier

### Conception graphique

Jean-Pierre Langlois

### Secrétariat et diffusion

Patricia Larouche

Françoise Ferland

### Impression

L'Éclaireur Ltée, Beauceville

### Distribution en kiosques

Les Messageries Dynamiques Inc.

(514) 332-0680

### Publicité

Agence de vente publicitaire A.F. Inc.

2860, des Quatre-Bourgeois

Sainte-Foy, Québec G1V 1Y3

(418) 658-0002

### Abonnements

(1 an / 12 numéros)

Tarif régulier: \$8.00 / Tarif étudiant: \$6.00\*

A l'étranger: \$15.00 / A l'unité: \$1.00

### Port de retour garanti

LE MAGAZINE QUÉBEC SCIENCE

Case postale 250

Sillery, Québec

G1T 2R1

Tél.: (418) 657-2426 / Télex: 011 3488

## SOMMAIRE

### ARTICLES

**Le dossier noir de l'eau potable** / Gilles Provost 14

Nous avons transformé une grande partie de la richesse hydraulique de notre pays en eau usagée... qu'il nous faut boire, maintenant

**Une usine de ciment nucléaire** / Jean-Marc Fleury 21

L'Ouest canadien dispose aujourd'hui d'un grand accélérateur à faisceau de mésons, les particules qui maintiennent l'unité du noyau atomique

**Le cerveau, un casse-tête** / Georgette Goupil 28

Un portrait vivant des travaux effectués au Québec sur l'objet le plus capital de la recherche scientifique

**Surpopulation, un faux problème?** / Fabien Gruhier 34

Les pays en voie de développement croient que la «crise de la surpopulation» est avant tout une grande peur des pays riches vis-à-vis le Tiers monde

### RUBRIQUES

**Courrier** 4

**Commentaire** 5

**Actualité** 6

○ Une solution explosive ○ Variations sur une constante ○ Dix ans pour créer ○ Jupiter: le mystère s'éclaircit ○ Économiser des énergies ○ Pas de semence pour les nuages

**Environnement** 10

○ Écouter la température ○ À la recherche d'un équilibre ○ L'éléphant de mer menacé ○ Un poison nourricier ○ Où sont les orignaux ○ La diète du marsouin

**Santé** 39

○ Le carbone contre la douleur ○ Des muscles ne répondent plus ○ La vitamine de reproduction ○ Le sang n'est pas raciste ○ Manger machinalement ○ Un médicament controversé ○ À votre bon cœur

**La Science & les Hommes** 43

○ À l'assaut du sport ○ Les enfants problèmes ○ Modèles pour coup d'État ○ La science moucharde

**Parutions récentes** 46

**Bibliographie** 47

**En vrac** 49

## COMITE DE SOUTIEN

Bell Canada, M. René Fortier, vice-président exécutif, zone de l'Est

Banque de Montréal, M.R. Muir, vice-président et secrétaire

Imasco Limitée, Les produits Imperial Tobacco Limitée

Institut de recherche de l'Hydro-Québec, M. Lionel Boulet, directeur

La Sauvegarde, Cie d'assurance sur la vie, M. Clément Gauthier, président

Le magazine Québec Science, mensuel à but non lucratif, est publié par l'Université du Québec avec le soutien du ministère de l'Éducation et du Conseil national de recherches du Canada. La direction laisse aux auteurs l'entière responsabilité de leurs textes. Les titres, sous-titres, textes de présentation et rubriques sont dus à la rédaction. Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays. © Copyright 1974 — Le magazine Québec Science-Université du Québec. Dépôt légal, Bibliothèque nationale du Québec, quatrième trimestre 1974. Courrier de deuxième classe, enregistrement no 1052.

LES CHEQUES ou mandats postaux doivent être établis à l'ordre du MAGAZINE QUÉBEC SCIENCE

\* Ce tarif s'applique également aux groupes et organismes qui commandent plus de dix (10) abonnements en même temps

# COURRIER

## COURRIER DE L'UNESCO

Je désirerais m'abonner au Courrier de l'Unesco. Pourriez-vous m'indiquer à quelle adresse je dois faire part de ma demande et quel est le coût de l'abonnement à ce périodique? Merci!

André Bernier  
Manceau

Adressez votre demande à: Le Courrier, C.C.P. Paris 12598-48, Librairie Unesco, place de Fontenoy, 75700 Paris. Le coût de l'abonnement est de 24 francs français (environ 5 dollars) par année.

## LES BALEINES PARLENT-ELLES ANGLAIS?

Dans votre édition de septembre 1974, vous faites mention en page 29 de la Société zoologique de Montréal, en disant d'elle qu'elle organise des excursions qui ont pour but l'observation des baleines non loin de Tadoussac. A la suite de la lecture de cet article, je décidai de m'adresser à cette société dans le but de recevoir les informations inhérentes à une de ces excursions. Vous trouverez-ci-inclus copie de la lettre de retour de cette «society». Toute en anglais, s'il-vous-plaît. Je vous prierais de noter plus particulièrement le premier paragraphe qui, de par son ironie malsaine, ne peut que provoquer, à l'heure du fameux bill 22.

Je tenais à vous faire connaître toute mon indignation face à une telle publicité gratuite de votre part, et j'ose espérer que de telles erreurs de votre part resteront choses du passé. Et si les baleines parlaient anglais, elles aussi...

Normand Desjardins  
Montréal

Dear Mr Desjardins:

We acknowledge receipt of your letter of the 16th instant, and regret that it is not possible for us to reply in your language as at present the Society is essentially English speaking.

We note your interest in our whale-sighting excursions and wish to inform you that at the moment of writing our final trip of this year is fully booked. All that we can suggest is that you call the undersigned at 484-8692 during the week of the 23rd to find out whether we have any space available as the result of a cancellation.

Meanwhile, we enclose a reprint of a book on whale watching, which we trust you will find of interest. We also enclose a leaflet giving details of our whale excursions.

Gerald T. Iles  
Managing Director

*Les baleines ne parlent pas encore anglais, mais si jamais elles choisissent d'adopter une langue ce sera certainement celle-là. La seule organisation qui prend la peine d'organiser des excursions pour les observer, la «Zoological Society of Canada», est unilingue anglaise. Le seul laboratoire qui les étudie, la Station de biologie arctique d'Environnement Canada, à Sainte-Anne-de-Bellevue, ne compte pas un seul francophone. Pire encore, le Dr Edward Mitchell, celui qui a découvert le sanctuaire de la baie du Bon Désir est un Américain. Enfin, les étudiants qui sont en voie de se mériter des doctorats en étudiant les baleines de Tadoussac sont soit américains, soit anglo-québécois. Bref, la biologie et les biologistes québécois francophones ne sont certainement pas aussi actifs qu'ils le devraient. Car, le seul tort de tous ces anglophones, c'est peut-être seulement de faire quelque chose. À vous et à nous, Monsieur, de nous grouiller et de prendre nos affaires en main.*

## NUMÉRO SPÉCIAL

Permettez-moi de donner suite à une invitation, parue dans Québec Science, voulant de la part des lecteurs certaines suggestions concernant le numéro thématique de septembre.

Je propose un numéro thématique sur le «Traitement des eaux», avec comme sujets principaux la filtration de l'eau potable et l'épuration des eaux usées (industrielles et urbaines). Le sujet étant vaste, on peut mettre l'accent sur les principes du traitement de l'eau et les procédés employés pour les appliquer. De plus, il est possible de décrire l'approvisionnement en eau dans les régions rurales (captage en surface, puits, etc.) et l'épuration de leurs eaux usées (fosses septiques et éléments épurateurs). Quoiqu'il en soit, je crois qu'une vision globale du traitement des eaux peut non seulement faire connaître les procédés de dépollution, mais faire réfléchir sur le contenu et la provenance des polluants.

Voilà pourquoi il serait préférable d'élaborer une synthèse sur le traitement de l'eau (surtout l'eau potable qui touche chaque individu), plutôt que de morceler le sujet et risquer d'en faire perdre une certaine valeur. Bien entendu, j'espère quand même retrouver dans Québec Science d'autres articles portant sur des cas particuliers de pollution, mais votre initiative d'un numéro thématique m'a incité à vous proposer ce sujet si dense, qu'il comblerait facilement les pages de ce numéro.

Pierre LaFrance  
Hydrotechnicien  
Longueuil

Votre suggestion concorde parfaitement avec les préoccupations de Québec Science. Le numéro spécial de septembre 1975

répondra d'ailleurs en grande partie à votre suggestion. En effet, nous avons choisi de faire du fleuve Saint-Laurent le thème du premier numéro spécial de notre revue. Nous traiterons du fleuve sous tous ses aspects, l'accent étant mis sur la qualité de son eau. Il sera, bien entendu, question des techniques d'épuration de l'eau puisqu'une part de plus en plus grande de la population puise son eau potable dans ce cours d'eau, qu'elle a transformé en égout, voir en page 14, Le dossier noir de l'eau potable.

## JOURNALISME SCIENTIFIQUE

Je suis abonnée depuis près d'un an à votre revue que je trouve très intéressante!

Le journalisme scientifique m'attire beaucoup et je crois que vous pouvez m'aider dans ce domaine.

Je voudrais savoir si des études en journalisme sont obligatoires pour en faire une carrière. Je suis diplômée en biologie moléculaire de l'UQAM et possède un an d'expérience dans les brevets d'invention.

J'ai entendu parler de l'Université de Carleton, Ottawa, qui organise des cours pour une période d'un an à ceux qui ont déjà une formation universitaire, est-ce valable à votre avis?

Vos conseils seront très appréciés!

Une impatiente  
Montréal

*Plusieurs des journalistes scientifiques du Québec possèdent des diplômes en science, mais à notre connaissance, il n'y en a pas un qui ait étudié le journalisme. Par ailleurs, le ministère de l'Éducation a commandé une étude, dans le cadre de l'Opération sciences fondamentales, sur le meilleur profil d'étude qui pourrait conduire au journalisme scientifique. Ce travail n'est pas terminé, mais il semble que l'une des solutions envisagées soit analogue à ce qui se fait à Carleton, soit une maîtrise en journalisme après un cours universitaire. M. Brian Taylor, de l'Université Carleton accomplit un excellent travail et cette approche est certainement valable.*

*Tout de même, la faculté d'émerveiller et de communiquer avec les autres demeurent les seuls véritables critères d'efficacité en journalisme, qu'il soit scientifique ou non. Il y a des exemples vivants, ici, de personnes qui n'ont étudié ni le journalisme ni les sciences et qui sont d'excellents reporters des sciences. Pour ne pas citer un exemple local, mentionnons seulement le cas du journaliste français François de Closets. Il a déjà près d'une vingtaine de volumes à son actif, travaille à la télévision française et collabore à la revue Science et Avenir. De Closets est diplômé en droit.*

COMMENTAIRE

# la politique de l'AUTRUCHE ÉCOSSAISE



alain renaud

par Gilles Provost  
 rédacteur scientifique  
 au quotidien LE DEVOIR

La situation déplorable qui règne présentement dans le domaine de l'eau potable au Québec s'explique en grande partie par l'attitude du gouvernement provincial qui pratique systématiquement la politique de «l'autruche écossaise qui jette de la poudre aux yeux». Nous voulons dire par là qu'elle est fondée sur les trois éléments suivants: a) refuser de voir les problèmes en allant jusqu'à les dissimuler systématiquement au besoin; b) intervenir le moins possible pour ne pas dépenser d'argent; c) faire croire quand même à la population que sa santé est entre bonnes mains et qu'il n'y a pas lieu de s'inquiéter.

En réalité, le Québec a réussi à se voiler les yeux jusqu'à ce qu'une épidémie de fièvre typhoïde frappe la petite municipalité de Bouchette, en 1971. Par la suite, les autorités ont affirmé qu'elles avaient la situation bien en main ailleurs au Québec tout en conservant jalousement les informations disponibles. Il aura fallu attendre la fin du mois de février dernier pour qu'une nouvelle «fuite» permette aux quotidiens *Le Soleil* et *Le Devoir* de publier des relevés ahurissants sur la mauvaise qualité de l'eau qui mettait en danger la santé de plus d'un demi-million de Québécois dans les villes ou les campagnes. Le gouvernement avait évidemment évité d'avertir les intéressés.

C'est à cette occasion que le ministre responsable de l'environnement, M. Victor Goldbloom, a officiellement affirmé qu'une eau «non potable selon les normes canadiennes n'est pas nécessairement dangereuse». Devant les critiques, il a eu «l'audace» de rendre publics les résultats d'analyses de toutes les municipalités pour le mois de jan-

vier 1974, c'est-à-dire pour le mois de l'année où il n'y a pratiquement pas de problème en raison de la température...

Huit mois plus tard, la marmite éclate à nouveau quand le gouvernement avise publiquement les citoyens de 12 municipalités qu'ils doivent faire bouillir leur eau. L'information a été volontairement censurée et le nombre des municipalités concernées était plutôt de 23. Par hasard, probablement, on a «oublié» les agglomérations les plus importantes ainsi que celles où les problèmes avaient été officiellement «réglés» six mois plus tôt (huit cas). Le ministre de l'Environnement affirme alors à l'Assemblée Nationale que ses services ont beaucoup amélioré leur surveillance «depuis que les journaux ont soulevé le problème». Il indique aussi que 44 autres municipalités ont été avisées de mieux désinfecter leur eau à la même époque. On n'en a jamais révélé les noms sous prétexte que «celà n'était pas d'intérêt public».

Cette situation catastrophique n'a pas empêché le gouvernement de réduire de 11% cette année le budget consacré à l'amélioration de l'eau potable, sans compter la coupure de 10% effectuée de toutes façons par l'inflation. Le manque de fonds explique aussi la pénurie d'inspecteurs pour surveiller la situation sur le terrain. Au début de 1974, deux ou trois individus seulement devaient surveiller tout le Québec! Faute de budget, les inspecteurs des services de protection de l'environnement sont aussi moins bien rémunérés que leurs homologues fédéraux ou ontariens, ce qui explique en partie les difficultés de recruter un personnel stable.

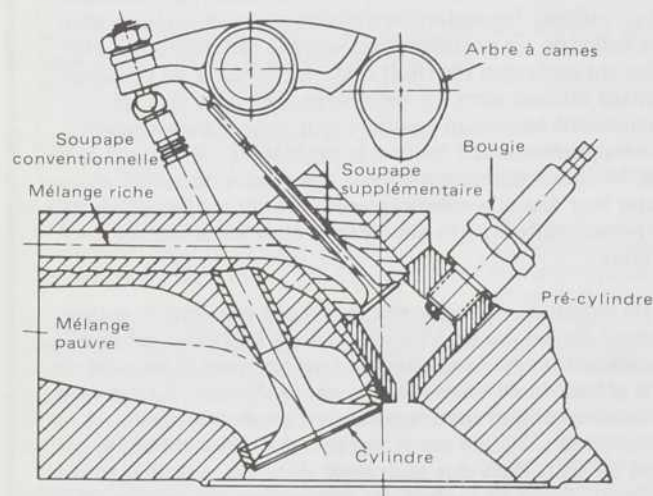
Malgré tout, il y a maintenant sept ans que le gouvernement annonce chaque année, à grands coups de trompettes, le lancement d'un vaste programme d'épuration des eaux usées qui impliquerait pour le gouvernement provincial des dépenses d'un milliard de dollars réparties sur dix ans. Concrètement, cela voudrait dire qu'on doublerait le budget annuel du ministère des Affaires municipales. Malgré ses accords de principe, le cabinet n'a jamais attribué le moindre budget concret à ce programme qui aurait dû être pratiquement terminé à l'heure qu'il est. Quant au projet d'épuration primaire des égouts à Montréal (d'une valeur de 500 millions de dollars pour les trois niveaux de gouvernement) il est encore sur la planche à dessin.

## ACTUALITÉ

# Une solution explosive

L'industrie de l'automobile verra, peut-être bientôt, ses soucis s'envoler en fumée grâce à une nouvelle amélioration des moteurs à combustion, permettant à la fois de diminuer la pollution tout en augmentant leur rendement. Une invention japonaise, mise au point par les ingénieurs de la maison Honda, laisse maintenant entrevoir, très sérieusement, cette nouvelle perspective.

Dans un moteur à combustion interne de type classique, il est nécessaire de brûler un mélange où la proportion d'essence est élevée par rapport à celle de l'air lors du démarrage et à chaque accélération. Un tel mélange implique toutefois de sérieux problèmes de pollution. En effet, le moteur classique n'arrive pas à brûler tous les hydrocarbures d'un mélange riche et laisse alors filtrer plusieurs substances polluantes. La quantité des



**MODIFICATIONS MINEURES** — Pour fabriquer un moteur à explosion stratifiée, il suffit d'ajouter un pré-cylindre où seront brûlées de petites quantités d'un mélange riche. La seule difficulté technique porte sur la synchronisation de l'ouverture de la soupape supplémentaire. Ce diagramme illustre la manière dont les ingénieurs de la compagnie Porsche ont raffiné ce moteur pour contourner le problème. Ils ont couplé la nouvelle soupape à l'arbre à cames qui contrôle l'ouverture et la fermeture des soupapes d'admission et d'échappement. Le nouveau moteur nécessite aussi l'utilisation de deux carburateurs; l'un, à mélange riche alimentant le pré-cylindre, l'autre, à mélange pauvre, pour la chambre de combustion conventionnelle.

gaz toxiques dégagés, dont le monoxyde de carbone (CO), les hydrocarbures (HC), et les oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ) dépend justement des proportions d'air et d'essence. Pour un mélange riche, elle atteint un maximum parce qu'il n'y a pas assez d'oxygène dans la chambre de combustion pour brûler entièrement tous les composés de l'essence injectée.

Les Américains se sont acharnés à mettre au point un pot d'échappement capable de capturer et de transformer ces gaz toxiques et de les rendre inoffensifs. Avec plus ou moins de bonheur, ils ont arrêté leur choix sur le convertisseur catalytique. Pas très efficace, ce dernier ne réussira vraisemblablement pas à satisfaire les normes fixées par l'Environmental Protection Agency (EPA) pour les prochaines années.

Pendant que les Américains s'acharnaient à vouloir traiter les déchets des moteurs, les Japonais s'attaquaient au cœur du

problème (la chambre à combustion) pour tenter d'en améliorer l'efficacité et lui permettre de brûler les hydrocarbures plus complètement. Ils travaillaient à mettre au point un moteur à combustion interne utilisant des mélanges air-essence les plus «pauvres» possible. Cependant, ils faisaient face à un grave problème car un moteur à combustion interne ne peut démarrer avec de tels mélanges... Il lui faut absolument un mélange riche pour ce faire. Il a donc fallu faire preuve d'ingéniosité. La solution trouvée par les Japonais consiste à utiliser à la fois, un mélange riche et un mélange pauvre. Dans le moteur qu'ils ont mis au point, on retrouve donc une petite cavité (qu'ils nomment pré-cylindre) où brûle une petite quantité d'un mélange riche. Le pré-cylindre communique avec le cylindre proprement dit qui contient le mélange pauvre. Une bougie amorce l'explosion du mélange riche dans le pré-cylindre et le front de cette explosion se propage par un petit orifice vers le mélange de plus en plus pauvre du cylindre. À partir de là, le fonctionnement du moteur suit le processus normal de transmission du mouvement du piston vers les roues.

Grâce à la présence d'une quantité suffisante d'oxygène, presque tous les hydrocarbures injectés dans la chambre à combustion sont brûlés, d'où moins de déchets polluants et meilleur rendement du moteur. Et tout cela ne nécessite qu'une petite modification du moteur conventionnel. Voilà sans doute la première solution rationnelle au problème de la pollution automobile!

Les experts du monde de l'automobile s'accordent déjà à dire que le moteur à explosion stratifiée (tel qu'il est convenu de l'appeler) pourrait bien envahir le marché dès 1977, alors que le convertisseur catalytique ne pourra plus satisfaire, à lui seul, aux règles anti-pollutions fixées par l'EPA. D'autre part, ce nouveau type de moteur, couplé au convertisseur en question, arriverait à répondre aux normes d'une façon plus que satisfaisante.

## Variations sur une constante

Avec la mise au point d'appareils de mesure extrêmement précis, dont l'«horloge» atomique, des physiciens commencent à obtenir des mesures pour le moins curieuses. Il semblerait même que les très importantes constantes (qui fixent les valeurs numériques des équations) ne seraient peut-être pas si constantes que cela.

Le cas de la constante gravitationnelle universelle, G, illustre ce phénomène. Quelques théories cosmologiques (théories de la formation et de l'évolution de l'Univers) récentes font appel à une «constante» gravitationnelle universelle variable qui décroît peu à peu avec le temps. Or, voilà que des observations qui cherchaient à ridiculiser cette idée «farfelue» tendent maintenant, au contraire, à lui redonner du poids. L'une de ces observations porte sur les périodes de rotation de la Terre et de la translation de la Lune.

On sait que la Terre tourne sur son axe (en 23 heures 56 minutes 04 secondes, par rapport aux étoiles) beaucoup plus rapidement que la Lune n'en fait le tour (en 27 jours 07 heures 43 minutes). Peu à peu, cette dernière tend donc à ralentir la rotation de la Terre par les marées qu'elle y soulève. Les océans attirés par la Lune voient en effet leur mouvement ralentir par rapport aux plateaux continentaux et se buttent, en quelque sorte, sur ces derniers. Terre et Lune s'échangent donc de l'énergie, plus exactement une quantité de mouvement, et cet échange provoque une diminution graduelle de la vitesse de rotation de la Terre sur son axe. La durée du jour s'accroît avec le temps.

En contrepartie, la Lune voit sa vitesse de translation (le long de son orbite) diminuer dans les mêmes proportions. Plusieurs astronomes ont d'ailleurs déjà mesuré ce ralentissement de la Lune, mais tous ont trouvé qu'elle ralentit plus rapidement que ne le prédit la théorie des marées, même en tenant compte des influences solaires et planétaires. Ils s'entendent donc pour conclure qu'un phénomène s'ajoute à celui des marées. Lequel? C'est là que la « constante » *G* variable entre en jeu. L'astronome T.C. Van Flandern, du U.S. Naval Observatory (Washington D.C.), a tenté d'en mesurer l'importance.

Pour ce faire, il a considéré les variations mentionnées précédemment, selon deux « échelles » de temps: d'abord avec le temps solaire (fixé par le mouvement du Soleil dans le ciel) et, ensuite avec le temps atomique (déterminé par les vibrations périodiques de l'atome de césium). Tout changement de la constante gravitationnelle universelle affectera le Soleil, la Terre et la Lune et modifiera donc le temps solaire. Par contre l'horloge atomique demeurera imperturbable. Il a donc analysé des données précises des positions de la Lune en prenant comme bases les échelles du temps solaire, d'une part, et atomique, d'autre part. De cette analyse, il ressort que le ralentissement mesuré suivant le temps atomique est supérieur à celui des mesures basées sur le temps solaire.

Pour expliquer cette différence, le Dr Van Flandern a calculé que la valeur de la constante gravitationnelle devrait décroître de quelque 0,12 milliardième par année.

Fait curieux, les cosmologues F. Hoyle et J.V. Narlikar avaient prédit, en 1972, une diminution annuelle de « *G* » d'environ 0,1 partie par milliard, du même ordre que la diminution mesurée par le Dr Van Flandern. Ce dernier aurait-il été « guidé » dans ses déductions, par les deux cosmologues...? Impossible de le savoir.

Grâce aux mesures précises de la distance Terre-Lune par rayon laser, il sera bientôt possible de confirmer — ou d'infirmer — la conclusion de l'astronome américain. La partie sera difficile car la majorité des physiciens se refusent à croire que les « constantes » puissent varier. Si effectivement, la gravité devait diminuer, le phénomène serait très lourd de conséquences pour la Physique et la Cosmologie.

## Dix ans pour créer

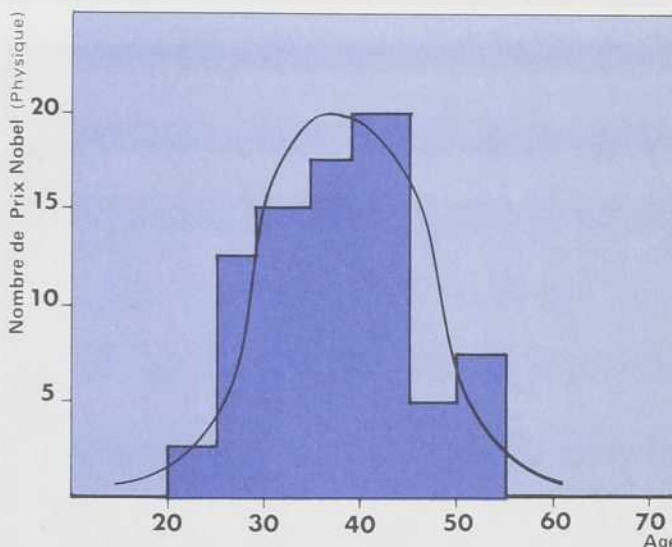
Après huit à dix années de travail dans la même discipline, vous n'apportez plus rien à votre domaine, c'est elle qui vous soutient. Le Dr Stephen Bragg, de l'Université de Brunel, Grande-Bretagne, explique même, dans un des derniers numéros de *New Scientist*, que ce plafonnement intellectuel peut être représenté par une courbe mathématique.

Selon le Dr Bragg, l'intelligence est une mesure de l'aptitude à modifier des réactions instinctives dans une situation donnée, à la lumière de l'expérience passée. C'est en quelque sorte une facilité à établir des relations entre deux ou plusieurs faits qui, à première vue, sembleraient n'avoir que très peu de chose en commun. Cette démarche intellectuelle qui consiste à découvrir les liens entre des phénomènes apparemment indépendants est à la base de toute hypothèse scientifique.

Mais qui donc sont ces brillants chercheurs qui percent les secrets de la nature là où d'autres s'acharnent en vain? Nous avons tous entendu dire que la recherche scientifique est affaire de jeunes cerveaux... et que les scientifiques, même les

plus brillants, connaissent leur meilleure période d'activité avant la trentaine. Même Einstein, qui a apporté une très importante contribution à la science avec sa théorie générale de la relativité, ne semble pas avoir fait beaucoup au cours des vingt dernières années de sa vie.

S'il faut en croire le Dr Bragg, c'est le milieu de travail qui est responsable de ces bonnes ou mauvaises périodes de productivité. Selon lui, le milieu joue un rôle très important sur l'activité intellectuelle d'un chercheur. C'est, plus précisément et paradoxalement, le bagage de connaissances accumulées qui peut entraîner une période d'improductivité.



▲ LES PRIX NOBEL PRENNENT DE L'ÂGE — D'après ce graphique, c'est entre 35 et 40 ans que les scientifiques connaissent leur période de productivité intellectuelle la plus marquée. Lorsqu'ils atteignent 45 ans, leur bagage de connaissances est bien établi et ils commencent à piétiner sur place.

Sans l'admettre comme tel, c'est peut-être pour cela que le physicien anglais J.J. Thomson avait l'habitude de dire à ses étudiants de ne lire que le strict minimum sur un sujet, avant d'avoir pu réfléchir pendant au moins six mois, à la manière dont eux procéderaient pour résoudre la question. « Autrement, disait-il, vous serez trop marqués par l'expérience des autres et perdrez la chance d'apporter votre propre contribution... »

Souvent, les jeunes chercheurs qui poursuivent des études doctorales, ou en sont à leur premier emploi, font preuve d'idées originales qu'ils explorent, scrutent et figent. On les voit ensuite donner des conférences. Ils deviennent des experts dans leur nouveau domaine et sont alors écoutés par leurs confrères plus âgés. Puis, rapidement, leur petit domaine de recherche les emprisonne et ils piétinent, n'arrivant plus à sortir de l'étroite « cage » qu'ils ont échafaudée autour d'eux.

Cette constatation est à la base du modèle d'apprentissage mis au point par le Dr Bragg. Partant de l'hypothèse que la vitesse d'acquisition de connaissances nouvelles est proportionnelle à l'ignorance qu'on a du sujet, le professeur a supposé qu'elle suit une progression exponentielle inversée. Ainsi, l'apprentissage se fait très rapidement au début et ralentit peu à peu à mesure que l'esprit se sature de nouvelles données.

À quel âge cette saturation se produit-elle? À quel âge devenons-nous intellectuellement improductifs? Combien de temps un chercheur peut-il se cantonner dans un domaine restreint de recherche? Impossible de le dire avec précision, mais selon le Dr Bragg, une période de 8 à 10 ans dans le même champ de recherche serait une limite supérieure. Pour contourner ce problème de « sénilité » intellectuelle, un seul moyen: changer de domaine de recherche et s'attaquer à de nouveaux problèmes avec un « esprit neuf ». La fontaine de jouvence des cerveaux n'a qu'un nom, le recyclage...

## Jupiter: le mystère s'éclaircit



Une énorme tache rouge macule la «physionomie» de Jupiter, la planète géante du système solaire. Découverte il y a plus de 300 ans, elle a depuis intrigué les astronomes du monde entier qui se demandaient de quoi elle pouvait bien être constituée et comment elle se maintenait dans l'atmosphère de la lourde planète.

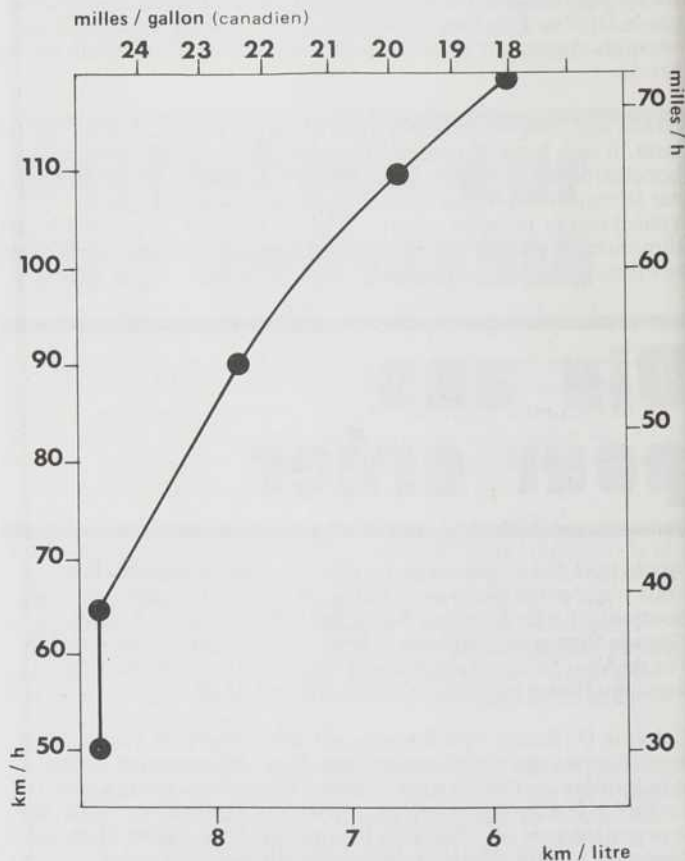
Il y a quelques semaines un espion, travaillant pour le compte des Terriens, a tiré au clair l'affaire de la tache rouge. Lors de son passage près de Jupiter, le 5 décembre 1973, Pioneer 10 (nom de code du fameux espion planétaire) a recueilli une série de photographies qu'il a relayé à la Terre. Les scientifiques de la NASA en ont maintenant tiré toute la substance. Elles indiquent, entre autres choses, que la tache rouge serait l'immense tourbillon d'une gigantesque tempête qui fait rage sur cette planète, depuis plus de 700 ans. Cette tenace tempête s'étend sur une superficie de près de 500 millions de kilomètres (40 000 kilomètres de long par 13 000 kilomètres de large), soit presque l'équivalent de la superficie totale de la Terre. La sonde jovienne nous a fait voir une tempête «rouge de colère» s'élevant à quelque dix kilomètres au-dessus de la couverture nuageuse. Cette dernière circule autour d'une planète à surface liquide, composée d'hydrogène, d'hélium, de méthane, d'éthane, et d'ammoniac. Pour sa part, la tache rouge doit sa couleur à des chromophores. Ces substances organiques colorées se forment à la suite du bombardement de l'ammoniac et du méthane par les protons en orbite autour de la planète. Ce sont ces substances organiques entraînées dans le tourbillon de la tempête qui lui donnent sa couleur rougeâtre.

## Economiser des énergies

Plus un véhicule se déplace rapidement, et plus il consomme de l'énergie. Le frottement des pneus sur le revêtement des routes de même que la résistance de l'air dissipent de plus en plus d'énergie à mesure que la vitesse augmente et sont responsables de la grande consommation d'essence des véhicules automobiles roulant à de grandes vitesses.

D'autre part, lorsqu'une automobile roule à une vitesse constante comprise entre 50 et 60 kilomètres à l'heure (30 à 35 milles à l'heure), la consommation d'essence est généralement minimisée.

Néanmoins, une vitesse de croisière plus réaliste de 90 km/h (55 mi/h) permet déjà une économie d'essence de 25 à 30 pour cent. À l'échelle d'un pays, l'économie ainsi réalisée peut être considérable. Aux États-Unis, par exemple, on estime que la mise en vigueur (et l'observation) de la limite de vitesse à 90 km (55 mi/h) au lieu de 115 km/h (70 mi/h) se traduit quotidiennement par une économie d'environ 25 000 000 litres d'essence, soit plus de 2 pour cent de la consommation quotidienne de ce pays.



▲ EFFETS DE LA VITESSE SUR LA CONSOMMATION DE CARBURANT — Au-dessus de 65 kilomètres à l'heure, la consommation d'essence s'accroît très rapidement. En moyenne, une automobile qui roule à 65 km/h, fait environ 9 kilomètres au litre (c'est-à-dire qu'elle consomme près d'un gallon d'essence par 25 milles), alors qu'à 115 km/h, elle ne fait plus que 6,5 kilomètres au litre (18,5 milles au gallon).

Mais il y a plus. À cette époque où toutes les limitations semblent bénéfiques, celle-ci présente un double avantage. En plus de permettre une économie d'essence, la limite de vitesse réduite entraîne une «économie» de vies. Chez nos voisins du Sud, le nombre des accidents mortels qui se sont produits sur les routes a diminué d'environ 20 pour cent depuis la mise en application de la vitesse maximum réduite. Cette mesure a en effet permis d'«économiser» environ 6 000 vies par rapport à l'année précédente.

La diminution de la vitesse tolérable sur les autoroutes semble donc la solution la plus efficace pour faire face au problème de la pénurie d'essence. La diminution subséquente des accidents de la route en est un «bonus» intéressant. De nombreux pays européens ont d'ailleurs emboîter le pas. Il reste à savoir si les dirigeants se décideront un jour à faire de même?

### BOURSES DE RECHERCHES POST-DOCTORAT

dans les laboratoires gouvernementaux  
1975-76

Le Conseil national de recherches du Canada offre en 1975-76 des bourses utilisables dans les laboratoires des organismes publics suivants: Agriculture Canada; Ministère des Communications (Centre de recherches sur les Communications); Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources; Ministère de l'Environnement: Service de l'Environnement atmosphérique; Gestion de l'Environnement — Service canadien des Forêts, Direction générale des eaux intérieures; Service des Pêches et des Sciences de la mer — Office des recherches sur les Pêcheries; Affaires océanographiques et aquatiques; Santé et Bien-Être Social Canada — Direction générale de la Protection de la Santé; Musées nationaux du Canada — Musée national des Sciences naturelles; l'Énergie atomique du Canada, Limitée.

Un candidat devra avoir un doctorat d'une université accréditée ou être sur le point d'en obtenir un avant de pouvoir utiliser sa bourse. Les candidatures de chercheurs expérimentés non munis d'un doctorat pourront être prises en considération. Les candidats devront en principe ne pas avoir 36 ans au 31 mars de l'année au cours de laquelle ils commenceront à faire usage de leur bourse de recherches. Ceux dépassant cette limite d'âge ne devront avoir leur Ph. D. que depuis un an au maximum. La nationalité des candidats n'entrera pas en ligne de compte mais tous devront satisfaire aux conditions d'immigration du Canada. Le concours se termine le **15 janvier 1975**.

Les bourses d'une valeur annuelle de 10 500 dollars (à compter du 1er avril 1975) sont soumises à l'impôt canadien sur le revenu. Une allocation de voyage est également prévue.

Toute la correspondance relative à ces bourses doit être envoyée à l'adresse suivante:

**Bureau des bourses post-doctorat**  
Direction des Services du personnel  
Conseil national de recherches du Canada  
Ottawa, Canada. K1A 0R6



Conseil national de recherches Canada National Research Council Canada

## Pas de semence pour les nuages

Les formes que prennent les flocons de neige ne dépendent pas d'un quelconque caprice artistique ou d'une étonnante erreur qu'elle se plairait à perpétuer. Au contraire, elles correspondent au rôle bien précis que chaque flocon doit jouer au sein d'un nuage.

Deux scientifiques de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), les Drs H.K. Weickmann et F.P. Parungo, ont cherché à connaître la «distribution» des rôles qui mène à la formation des nuages.

Grâce à des instruments lancés à bord de ballons-sondes, ils ont d'abord constaté que les flocons prennent des formes et des dimensions, certes très variées, mais toujours dictées par les conditions de température, d'humidité et de déplacement des masses d'air à l'intérieur du nuage. Ainsi, l'état de la masse nuageuse régit les formes et les dimensions que prennent les flocons, de manière à leur permettre d'en extraire le maximum d'humidité.

Ces observations, bien que très intéressantes, étaient toutefois à la merci des conditions météorologiques. Pas moyen de régir ces conditions et de tenter de produire un type précis de flocon en observant uniquement leur comportement dans la nature. Pour cette raison, les chercheurs de la NOAA décidèrent de passer au laboratoire. Dans une chambre réfrigérée, ils ont reconstitué les conditions de température et d'humidité qu'on retrouve dans les nuages. Ainsi, ils sont arrivés à cultiver des cristaux de neige sous des conditions précises et bien contrôlées. Ces flocons «artificiels», ils les ont ensuite soumis à des observations sous microscope. Résultat: la température et la grosseur de la goutte d'eau, autour de laquelle croîtra le cristal, en déterminent la forme de façon précise. Ainsi, jusqu'à 12 degrés Celsius au-dessus de zéro, les cristaux prennent la forme de colonnes hexagonales. Entre  $-12^{\circ}\text{C}$  et  $-20^{\circ}\text{C}$ , ils adoptent la forme de deux étoiles aplaties retenant entre elles une gouttelette d'eau surgelée. Pour des températures inférieures à  $-20^{\circ}\text{C}$ , les cristaux se forment de nouveau en des colonnes hexagonales. De plus, à une température donnée, les petites gouttelettes gèlent en des cristaux simples (colonnes hexagonales ou étoiles à six branches) alors que les grosses gouttes d'eau donnent naissance à des formes polycristallines très complexes.

Ces résultats permettent donc de comprendre un peu mieux la formation des précipitations neigeuses. D'autre part, ils revêtent aussi une grande importance pour ceux qui se targuent de pouvoir provoquer des précipitations. Ces derniers procèdent généralement en «ensemencant» les nuages avec des cristaux d'iode d'argent dans l'espoir que l'eau se condensera à leur contact.

Les travaux des Drs Weickmann et Parungo les décourageront peut-être puisqu'ils indiquent que les processus de formation des cristaux de neige sont très efficaces et tendent à produire des cristaux capables d'extraire le maximum d'eau des nuages. Et M. Weickmann d'ajouter: «La Nature est toute de souplesse; là où il y a peu de noyaux de condensation, elle «ajuste» les conditions de température de manière à produire la même précipitation que s'il y avait un plus grand nombre de «foyers» de condensation».

## ENVIRONNEMENT

# Ecouter la température

À toutes les cinq secondes, les marins du navire *Oceanographer* entendent un son strident, presque douloureux. Serait-ce les sirènes? Pas tout à fait. Ce sont tout simplement des signaux émis par des scientifiques qui «conversent» avec la température.

Les chercheurs de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ont en effet mis au point un appareil qui leur permet d'«écouter» la température. Cet appareil est constitué de «sirènes», qui n'ont malheureusement rien à voir avec les légendaires séductrices. Elles se contentent d'émettre des ondes sonores très intenses. Ces ondes traversent l'atmosphère et sont réfléchies par les régions frontalières qui séparent les masses d'air de température différente. Mais ces bruits ne tombent pas que dans l'oreille des marins. Les scientifiques de la NOAA ont installé à bord du navire de grandes antennes qui captent ces signaux sonores et leur fournissent des indices sur la structure et la température des nuages.

Si la NOAA fait tant de bruit, c'est dans le but de se préparer à l'importante Veille météorologique mondiale qui aura lieu en 1977 (voir Québec Science, septembre 1974). Actuellement, l'*Oceanographer* a jeté l'ancre à 950 kilomètres au large de la côte du Sénégal (région importante pour les courants atmosphériques passant au-dessus des zones de sécheresse de l'Afrique du nord). Sur le pont du navire, trois gros émetteurs récepteurs lancent des signaux sonores vers les nuages et en écoutent les réflexions. Le système est relativement simple puisqu'il est principalement constitué de haut-parleurs tout à fait semblables à ceux des terrains de sport. À toutes les cinq secondes, ils lancent une «salve» de sons, d'une durée de 0,2 seconde, vers l'atmosphère, 50 millisecondes après, le signal s'est alors éloigné à environ 75 mètres du navire. Les oscillateurs (générateurs d'ondes sonores) cessent alors de vibrer et les récepteurs se mettent à l'écoute. Ils guettent attentivement toute réflexion sonore que renvoient les couches de l'atmosphère où la température varie rapidement. Déjà, les scientifiques de l'*Oceanographer* ont noté la puissance exceptionnelle des échos lorsqu'il y a des masses d'air chaud en ascension. Dans l'air frais, qui retombe vers la mer, les signaux réfléchis diminuent beaucoup d'intensité. Cependant, même s'ils sont faibles, l'oreille électronique de la NOAA ne manque pas de les percevoir; les récepteurs de température sont en effet 10 000 fois plus sensibles que l'oreille humaine.

Une fois perçus par les antennes, les sons réfléchis sont immédiatement traduits en signaux électriques et recueillis automatiquement par une enregistreuse à bandes magnétiques. Ainsi, il est possible d'obtenir une «image» de la structure thermique de l'atmosphère.

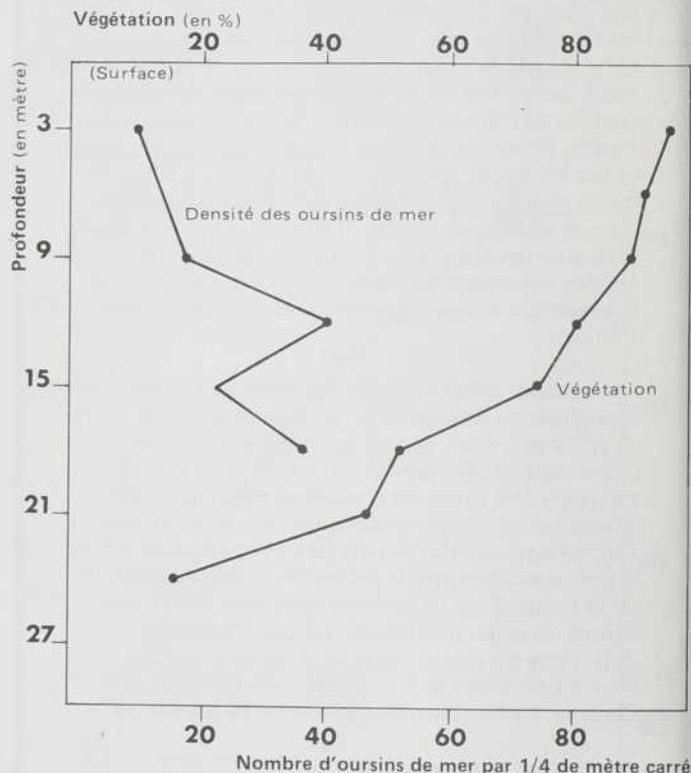
Après coup, les chercheurs aux écoutes déterminent la vitesse et la direction des vents en fonction de l'altitude par une analyse du décalage de la longueur d'onde des signaux réfléchis. Par exemple, l'onde est un peu plus longue lorsque la masse d'air, responsable de la réflexion, s'éloigne du navire. Elle diminue de longueur si le déplacement se fait dans le sens contraire. De plus, la valeur de cette variation de longueur d'onde indique la vitesse des déplacements. C'est une technique bien connue des astronomes: ils s'en servent pour calculer les vitesses d'approche ou d'éloignement des étoiles.

L'écouteur de température, qui a été mis au point par le Wave Propagation Laboratory de la NOAA, permet de faire des relevés de la température et de la vitesse des vents jusqu'à une altitude de près de 0,5 kilomètre. Il devrait enfin permettre de mesurer les interactions thermiques entre la mer et les basses couches de l'atmosphère.

# A la recherche d'un équilibre

La fourrure des loutres de mer était déjà très recherchée au début du 18<sup>ème</sup> siècle. A cette époque, on retrouvait ces animaux marins sur toute la côte ouest de l'Amérique du Nord jusqu'en Californie. L'exploitation excessive dont ils furent l'objet décima leur population. On ne les trouve plus maintenant que dans quelques régions du monde dont le sud de l'Alaska. Or selon le Dr J.A. Estes, de l'Université de l'Arizona, et le Dr J.F. Palmisano, de l'Université de Washington, les loutres de mer étaient essentielles à l'intégrité et à la stabilité des systèmes écologiques dont elles faisaient partie.

Ce mammifère trouve son alimentation principalement dans la zone intertidale, c'est-à-dire la région du fond marin découverte périodiquement par les marées. Les oursins de mer, qui vivent sur le fond de la mer, constituent une partie importante de la nourriture de la loutre.



▲ DISTRIBUTION DES OURSINS DE MER SUR AMCHITKA — Près du littoral, la faible densité des oursins de mer favorise le développement d'une végétation importante. Avec la profondeur, leur nombre augmente étant donné une diminution de la prédation par les loutres de mer et par les oiseaux.

D'autre part, les oursins de mer se nourrissent d'algues et d'herbes marines en si grande quantité qu'ils peuvent ravager toute la végétation intertidale lorsque leur population devient trop importante. La destruction de cette flore marine entraîne aussi la disparition de toutes les espèces animales qui y sont associées.

Les chercheurs américains croient qu'une forte densité de loutres de mer réduirait les populations d'oursins à quelques individus de petite taille en raison de leur mode de prédation sélective en fonction de la taille de leur proie. Selon eux, il en

résulterait un accroissement de la végétation marine et par conséquent une réapparition des communautés animales qui y sont associées.

Pour vérifier leur hypothèse, ils ont étudié la faune et la flore recouvrant le rivage de deux îles situées au sud du détroit de Béring, près de l'Alaska, soient l'île d'Amchitka, dans les Aléoutiennes, —endroit rendu célèbre par l'essai nucléaire américain du 6 novembre 1971— et l'île Shemya qui fait partie des îles Near. Ces deux îles, géographiquement proches l'une de l'autre, présentent des caractéristiques climatiques identiques, des marées de même importance et une topographie côtière identique. Cependant les algues tapissent la zone intertidale de l'île d'Amchitka où l'on ne retrouve que très peu d'invertébrés herbivores. On n'y compte que huit oursins de mer par mètre carré. Par contre sur l'île Shemya, presque toute la végétation marine est détruite par les denses populations de moules et d'oursins de mer (où l'on compte près de 80 de ces derniers par mètre carré). Ces chercheurs associent ces différences à la présence de loutres de mer sur l'île d'Amchitka et à leur absence de l'île Shemya.

D'autres conséquences indirectes découlent de cette relation. Dans les eaux tempérées, la flore benthique, c'est-à-dire la végétation qui croît sur le fond marin, est d'une importance considérable dans la productivité du littoral. Ainsi la présence sur l'île d'Amchitka d'espèces animales comme les phoques et les aigles serait associée à la forte végétation marine qui y pousse.

On ne bouleverse pas impunément un équilibre écologique sans que cela entraîne des conséquences fâcheuses. La disparition, même d'une seule espèce, peut affecter la survie de toute une communauté d'animaux et de végétaux.

Dans le compte-rendu de leurs travaux, publié dans la revue *Science* du 24 septembre dernier, les auteurs expliquent qu'ils ont exploré l'île d'Amchitka à tous les deux mois, d'octobre 1970 à août 1973. Au cours de cette même période, et pendant plusieurs semaines, les yeux du monde entier ont été tournés vers cette île jusqu'au moment de la formidable explosion nucléaire souterraine du 6 novembre 1971. De plus, les auteurs remercient la Commission américaine de l'Énergie atomique pour son soutien financier à leur étude. Pourtant, aussi extraordinaire que cela puisse paraître, les auteurs ne mentionnent même pas l'événement qui a secoué l'île de fond en comble, à l'automne 1971... Que voulez-vous, quand on est spécialiste, on se mêle de ses affaires!

## L'éléphant de mer menacé

Des multiples espèces qui peuplaient la Terre il y a deux mille ans, plusieurs ont disparu et beaucoup de celles qui ont survécu voient leur survie de plus en plus menacée. Face à ce problème, de nombreux gouvernements commencent à prendre des mesures pour protéger ces dernières et leur permettre d'accroître leur population. Cependant ces mesures pourraient arriver trop tard, et ne pas pouvoir compenser la menace d'une trop grande uniformité génétique; cette dernière découlant d'une trop forte réduction de population. Tout au plus permettront-elles de retarder la menaçante échéance. C'est ce qui se produit actuellement pour l'éléphant de mer du nord, appelé aussi phoque à trompe.

Les Drs M.L. Bonnell, de l'Université de Californie, et R.K. Selander, de l'Université du Texas, se sont penchés sur le problème de la disparition totale de cette espèce. Ils soulignent que vers 1900, la population totale des éléphants de mer

n'atteignait même plus 100 individus. Une chasse excessive de cette bête, convoitée pour la valeur commerciale de son huile, avait produit ce triste bilan. A cette époque, les gouvernements américain et mexicain décidèrent d'en interdire la chasse. Suite à cette mesure de conservation, la population de cette espèce s'est remise à croître pour atteindre aujourd'hui, près de 30 000 individus. On pourrait donc penser que l'espèce ne risque plus de disparaître. Malheureusement, s'il faut en croire les deux chercheurs américains, il n'en va pas ainsi.

Les deux scientifiques américains se sont intéressés tout particulièrement à l'évolution génétique de ces descendants d'une faible minorité. On sait que la structure des protéines, substances impliquées dans presque tous les processus vitaux de la cellule, est codée sur les gènes. Ces derniers, pour leur part, subissent parfois des mutations susceptibles de provoquer des modifications dans la composition des protéines. Ces modifications peuvent, si elles n'affectent pas la fonction vitale de la protéine, être transmises aux descendants de l'espèce. Les variations ainsi produites constituent le «pool» génétique de l'espèce et lui permettent de s'adapter à d'éventuelles perturbations de l'environnement.

Au cours de leur étude, les Drs Bonnell et Selander ont démontré que chaque protéine de l'éléphant de mer est identique d'un individu à l'autre. C'est là une profonde anomalie car chez les autres populations animales n'ayant pas connu de fortes réductions de population, on observe plusieurs variantes protéiniques. Chez les éléphants de mer, la grande homogénéité protéinique observée par les Dr Bonnell et Selander provient du fait qu'ils descendent tous d'un très petit nombre d'individus ayant des caractéristiques identiques.

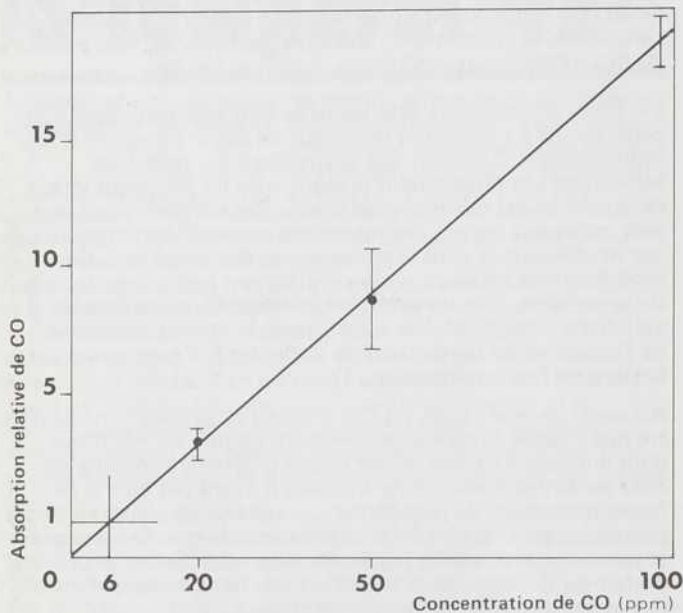
Cette absence de différences génétiques qui caractérise donc l'éléphant de mer, tel qu'on le trouve aujourd'hui, ne constitue pas en soi un obstacle à sa survie dans un environnement stable. Toutefois, tout changement de leur milieu de vie, s'il devait être fatal à l'un d'eux, pourrait signifier la disparition de tous ses semblables, c'est-à-dire de l'espèce entière. Ceux qui prônent «l'unité dans la diversité» devraient en parler aux éléphants de mer.

## Un poison nourricier

Le sort du monoxyde de carbone (CO) dans l'atmosphère de la terre constitue une énigme pour les scientifiques. Depuis quelques années, en effet, on s'aperçoit qu'une quantité importante de ce gaz toxique disparaît, absorbée par une source inconnue. On a donc pensé que les plantes pourraient agir comme une sorte de puits où viendrait s'engouffrer une grande partie du CO. Toutefois selon les Drs R.G.S. Bidwell et G.P. Bebee, de l'Université Queen, en Ontario, la végétation n'absorbe que le dixième de tout le CO mondial et même, là où sa concentration est faible comme dans les régions rurales, les plantes rejettent deux fois plus de CO qu'elles n'en reprennent.

Mais c'est dans les régions où la concentration de CO est élevée que le rôle des plantes s'avère le plus important. Leur pouvoir d'absorption se voit multiplié par un facteur qui peut aller jusqu'à 100 à mesure que la concentration de ce gaz augmente et cela, semble-t-il, sans que le processus de la photosynthèse ne soit affecté. Il faut croire que l'appétit vient en mangeant. Heureusement pour l'homme, car si l'on pense qu'une seule automobile, en brûlant un litre d'essence, produit environ 0,3 kg de ce poison, on peut facilement s'imaginer la quantité énorme qui est libéré aux heures de pointe dans une ville comme Montréal. Le monoxyde de carbone est nocif pour l'homme. En plus de bloquer la respiration cellulaire, il favorise les infarctus. Pourtant les plans d'urbanisation ne

semblent pas tellement se préoccuper de l'aménagement d'espaces verts. Ainsi peut-être que la fonction d'épuration de l'air accomplie par la végétation devra-t-elle être remplie par nos poumons bien qu'ils ne soient pas tellement friands de monoxyde de carbone?



▲ ELLES EN VEULENT TOUJOURS PLUS— Résultat assez inattendu, les plantes absorbent d'avantage de monoxyde de carbone (CO) à mesure que la concentration de cette substance augmente. La valeur relative de 1 désigne l'absorption observée pour une concentration de 6 parties par million de CO dans l'atmosphère.

## Où sont les orignaux

À chaque année, la chasse à l'orignal attire un grand nombre d'amateurs. Certains ont un flair extraordinaire pour dénicher leur victime. D'autres, moins chanceux, reviennent toujours bredouilles. Ceux-ci tireront peut-être profit d'une recherche effectuée par un groupe d'écologistes du Service de la Faune, au ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche du Québec. MM. J.M. Brassard, E. Audy, M. Crête et P. Grenier ont en effet étudié la distribution de l'orignal au Québec ainsi que les caractéristiques de son habitat hivernal.

L'orignal occupe presque tout le territoire du Québec depuis la frontière Québec-États-Unis jusqu'à dans le nord de la province. Sa limite septentrionale passe légèrement au nord de Poste-de-la-Baleine sur la baie d'Hudson pour rejoindre Fort-Chimo sur la baie d'Ungava. Sa distribution ne semble pas avoir changé au cours des derniers cent ans. Tout au plus s'est-elle un peu plus étendue vers le nord à la faveur du développement des richesses naturelles de ces régions.

L'uniformité ne caractérise pas sa distribution, au contraire. Une région surtout supporte une population d'orignaux de forte densité (2,6/10 km<sup>2</sup>). Elle correspond à la zone couverte par la forêt boréale constituée de sapins baumier, d'épinettes et de bouleaux. On y retrouve une partie du parc de La Vérendrye et de la réserve de Matane.

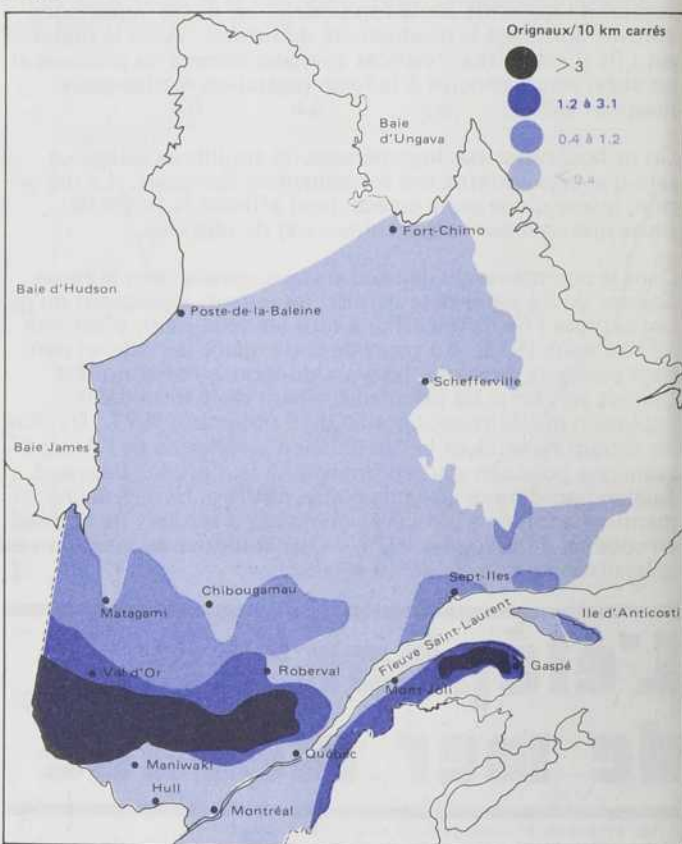
Dans l'autre partie de ces deux parcs ainsi que dans les parcs de la Mauricie et du Mont-Tremblant, la densité diminue jusqu'à 1,8 orignal par 10 km<sup>2</sup>. La forêt n'y présente pas le

même aspect. Les espèces qui y croissent caractérisent une zone de transition entre la forêt boréale et la forêt de feuillus. On y trouve du bouleau, de l'érable à sucre, de l'érable rouge, du sapin baumier et de l'épinette.

Plus on se déplace vers le nord de la province, c'est-à-dire vers la toundra, plus la population des orignaux devient clairsemée. On ne retrouve plus que 0,4 orignal par 10 km<sup>2</sup> à la limite septentrionale. Les précipitations de neige importantes et les grands espaces découverts ne favorisent pas l'implantation des orignaux dans ces régions.

Dans le sud de la province, on observe une zone pratiquement désertée par les orignaux. Il s'agit des basses terres du fleuve Saint-Laurent et de l'Outaouais où l'urbanisation et une agriculture développée concourent à les éloigner.

À l'intérieur de ces grandes régions, l'orignal ne choisit pas son site hivernal au hasard. Il cherche activement un abri convenable. Ainsi il préfère un terrain en pente douce (6,5%), exposée au sud, où il peut jouir du soleil. De plus, on le retrouvera souvent dans les régions qui ont souffert de perturbations telles que feux de forêt, épidémies d'insectes ou même coupes de bois.



▲ DENSITÉ RELATIVE DES ORIGNAUX AU QUÉBEC — Bien que les orignaux occupent presque tout le territoire du Québec, les plus grandes densités de populations s'observent surtout dans la région à la hauteur du parc de La Vérendrye et aussi en Gaspésie. Le nord de la province et le long du Saint-Laurent sont moins favorisés avec seulement 0,4 orignal par dix kilomètres carrés.

L'exploitation forestière traditionnelle explique en partie l'abondance de l'orignal au Québec. Cependant telle qu'elle est pratiquée actuellement, elle tend à réduire la diversité de la flore et à produire d'immenses forêts monotones constituées d'une seule espèce d'arbres, en particulier de sapins baumier. Les auteurs de cette étude croient que cette façon de procéder ne profitera plus pour longtemps à l'orignal. Ils trouvent urgent de planifier l'exploitation forestière en tenant compte autant que possible des besoins des orignaux.

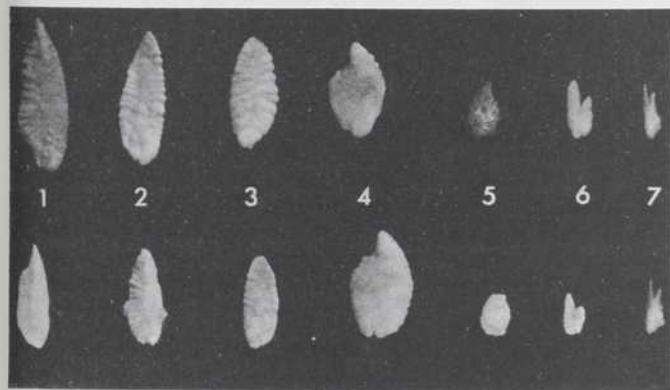
# La diète du marsouin

Même si le marsouin est l'un des grands mammifères marins les plus abondants des eaux tempérées de l'hémisphère nord, ses habitudes de vie demeurent encore mystérieuses pour les biologistes, autant que pour les pêcheurs. Farouche et rapide, ce mammifère n'est certes pas facile à étudier.

Néanmoins, deux chercheurs du département de zoologie de l'Université de Guelph, en Ontario, les Drs G.J.D. Smith et D. E. Gaskin, ont réussi à découvrir ses habitudes alimentaires. De nombreux pêcheurs accusaient déjà le marsouin de dévorer de grandes quantités de saumons; il s'agissait donc, pour ces chercheurs, de juger de la culpabilité de «l'accusé».

En analysant les restes trouvés dans l'estomac de quelque 81 marsouins, ils ont constaté, avec un certain étonnement, qu'il n'y avait aucune trace de restes de saumon. L'objet du délit n'existant pas, ils en conclurent d'abord que le pauvre accusé devait être lavé de tout blâme. Cependant, ils ne tardèrent pas à établir une liste de pièces à conviction qui allaient nécessiter un tout nouveau procès... Ils s'aperçurent, en effet, que le marsouin possède un appétit vorace qu'il satisfait en se nourrissant de nombreux harengs. Ces poissons constituent quelque 47,2 pour cent de sa diète. Par ordre d'importance décroissante suivent les morues (15,3 pour cent), les maquereaux (dans une proportion de 15,2 pour cent), les colins (10,7 pour cent), les éperlans (3,7 pour cent), les merlans (0,7 pour cent), les sébastes (0,7 pour cent), les anguilles et d'autres espèces moins importantes.

Le bilan de cette diète indique donc que l'accusé n'est pas entièrement innocent. Il commet d'autres délits en se nourrissant abondamment d'espèces pélagiques (poissons vivant en



▲ IDENTIFICATION DES RESTES DE NOURRITURE — Pour identifier les poissons que mangent les marsouins, les Drs Smith et Gaskin ont recueilli ces petites particules minérales retrouvées dans l'estomac des mammifères étudiés. Ces otolithes, minuscules concrétions minérales de l'appareil auditif des animaux, diffèrent d'une espèce à l'autre. La série A constitue un groupe d'otolithes de référence alors que celle de B provient des restes trouvés chez les marsouins «autopsiés». En comparant ces derniers à la série de référence, les biologistes ont pu déterminer que le régime alimentaire de ces mammifères se compose de: colins (1), merlans (2), morues (3), sébastes (4), éperlans (5), harengs (6), et maquereaux (7).

haute mer), lesquelles revêtent une grande importance économique pour les pêcheries hauturières.

En ce qui concerne le hareng, principale source de nourriture pour le marsouin, les Drs Smith et Gaskin soulignent même que l'accusé peut en ingurgiter jusqu'à 500 par jour!

Selon la saison, le vorace mammifère passe donc le plus clair de son temps au sein de bancs de poissons (hareng, morue ou maquereau) où il se glisse pour y apaiser sa faim, sans trop se fatiguer.

Les résultats de ces travaux inciteront peut-être certains pêcheurs à protester de nouveau contre le marsouin. Cependant, il faut rappeler que ce mammifère prend bien soin de diversifier son régime alimentaire, en fonction des saisons, et que par là, il se garde bien de menacer la survie d'une espèce. Il n'est «coupable» qu'aux yeux des hommes qui lui font la lutte pour s'accaparer sa nourriture.

## LA CONSTRUCTION ET LES COMMUNAUTÉS NORDIQUES



Petit chef-d'œuvre de concision et de clarté, ce rapport intéressera toute personne (aussi peu spécialisée soit-elle en la matière) désireuse de connaître les préoccupations et les techniques de la construction nordique, des structures au contrôle de la pollution en passant par les implications psychologiques.

**PROCUREZ-VOUS LE AU PRIX DE \$4.00 EN VOUS ADRESSANT A:**

L'Association canadienne-française pour l'avancement des sciences  
2730, Chemin Côte Ste-Catherine  
Montréal. Tél.: (514) 342-1411

## MICROSCOPE STÉRÉOSCOPIQUE WILD M5

Conçu pour observation d'insectes et de plancton. Fond noir, fond blanc. Source: quartz-allogène. Six mois d'usage. Valeur de \$2 500 pour \$1 500.

Contactez à Montréal  
M. Normand Bourgeois  
527-6985 ou 526-4132

# Le dossier noir de l'eau potable

Coliformes, bacilles, bactéries, entérobacter, citrobacter, escherichia, salmonelles, protéus, shigelles, méningocoques, vibrions et virus, voilà la petite faune sympathique que des milliers de Québécois accueillent en eux lorsqu'ils s'envoient un verre d'eau derrière la cravate.

par Gilles Provost

Parmi les 490 réseaux d'aqueducs municipaux québécois que les Services de protection de l'Environnement ont surveillés de façon intermittente en 1973, 72% ont dépassé au moins une fois le maximum acceptable de quatre coliformes dans leurs échantillons d'eau potable. Bien plus, 39% de ces villes ont trouvé au delà de quatre coli dans plus d'un échantillon sur dix, ce qui dépasse sérieusement les taux considérés comme «intolérables» en regard des normes canadiennes.

## L'HIVER FAIT SON POSSIBLE

Même en se confinant aux villes les plus importantes, on découvre un grand nombre de situations proprement affolantes: de juin à novembre 1973, par exemple, les deux tiers des échantillons prélevés à Sept-Îles contenaient plus de quatre coli. (il faudra attendre juillet 1974 pour que les 27 000 habitants soient avisés de faire bouillir leur eau avant de la consommer). Pour leur part, les 12 000 citoyens de Port Alfred ignorent probablement encore que 83% des prélèvements effectués chez eux entre mai et octobre 1973 contenaient plus de quatre coliformes. Il en était aussi de même à Dolbeau où l'on prenait moins de sept échantillons par mois en moyenne. En un sens, c'est quand même mieux qu'à New-Glasgow, près de Saint-Jérôme, où l'on a décelé plus de quatre coliformes dans chacun des treize maigres échantillons prélevés en 1973...

Autour de la Vieille Capitale, Québec, la situation n'est guère plus rassurante: à Courville, on a cessé de prélever des

échantillons en mai 1973 après avoir constaté que 88% des analyses effectuées indiquaient plus de quatre coliformes. Le gouvernement a finalement réagi en juillet dernier en informant la population que l'eau n'était sans doute plus propre à la consommation «depuis quelques semaines». Les 15 000 citoyens de Beauport reçurent aussi un avertissement semblable même si le problème des années précédentes avait été officiellement «régulé» par l'installation d'un nouveau chlorateur, aux dires du ministre de l'Environnement, M. Goldbloom.

On pourrait continuer à aligner les exemples de ce type ad vitam aeternam...

Les données sur les plages de Montréal et Québec ne sont guère plus encourageantes. Dans la région métropolitaine, 14 plages sur 42 ont fermé leurs portes l'été dernier et seulement six pouvaient encore être classées comme «bonnes» ou même «médicores». L'eau de toutes les autres était soit mauvaise (plus de 1 000 coli), soit «polluée» (plus de 2 400 coli). En 1973, seulement cinq plages sur 30 étaient «bonnes» pour la baignade dans la région de Québec. L'été dernier, ce nombre est passé à dix parce qu'on a ajouté du chlore, ici et là.

A priori, une telle situation a de quoi surprendre dans la Belle Province qui s'enorgueillit à juste titre de ses milliers de lacs, de ses innombrables cours d'eau, du majestueux Saint-Laurent, etc. C'est même d'autant plus étonnant que nous bénéficions d'un climat froid pendant une bonne partie de l'année. Normalement, cela limite grandement la prolifération microbienne ainsi que les mécanismes de dégradation biologique.

## DES PELLETÉES DE FLUOR

En fait, nos problèmes proviennent simplement de l'insouciance de la population. Présentement, environ deux municipalités sur trois n'ont aucune usine de traitement pour leur eau. Dans la moitié de ces cas, on n'a pas d'aqueducs et les fosses septiques côtoient les puits individuels. L'eau «potable» de ces 1 000 municipalités n'est jamais inspectée en vertu du principe selon lequel «l'eau doit être saine puisque l'on n'a pas jugé bon de l'épurer»... Au moment où les 106 inspecteurs sanitaires du Québec ont abandonné toute responsabilité sur l'eau potable, en décembre 1972, ils avaient dressé une liste partielle de 139 cas problèmes. Dans 15 de ces cas, le seul problème était qu'on n'utilisait pas l'usine d'épuration existante, aussi incroyable que cela paraisse. Pourtant, les cas de ce genre fourmillent littéralement: selon le Ministre de l'Environnement, la non-utilisation pure et simple des installations existantes est responsable d'une bonne proportion des problèmes décelés au sein des 490 réseaux d'aqueducs dotés d'une usine d'épuration. A Pointe-du-Moulin, par exemple, (banlieue de Montréal, île Perrot) on dispose d'une usine d'épuration depuis deux décennies mais le chlorateur n'a jamais été raccordé aux conduites. Ça, c'est efficace! Dans d'autres cas, les responsables ont cessé d'acheter les produits nécessaires ou ont omis d'effectuer les réparations essentielles parce que cela aurait coûté trop cher.

Le plus souvent, l'incompétence des opérateurs suffit à tout expliquer: quand le beau-frère du maire a obtenu le poste en récompense de services rendus aux dernières élections municipales, on ne peut lui demander de miracles. C'est pourquoi on a déjà signalé des cas où de tels opérateurs, dotés d'une deuxième année d'études primaires, ont déversé des pelletées de fluor (un poison violent à de telles doses) dans la citerne d'eau potable parce que l'appareil de dosage était en panne. C'est en vain que l'Association québécoise des techniques de l'eau (AQTE) a souvent demandé au gouvernement d'établir des critères de compétence.

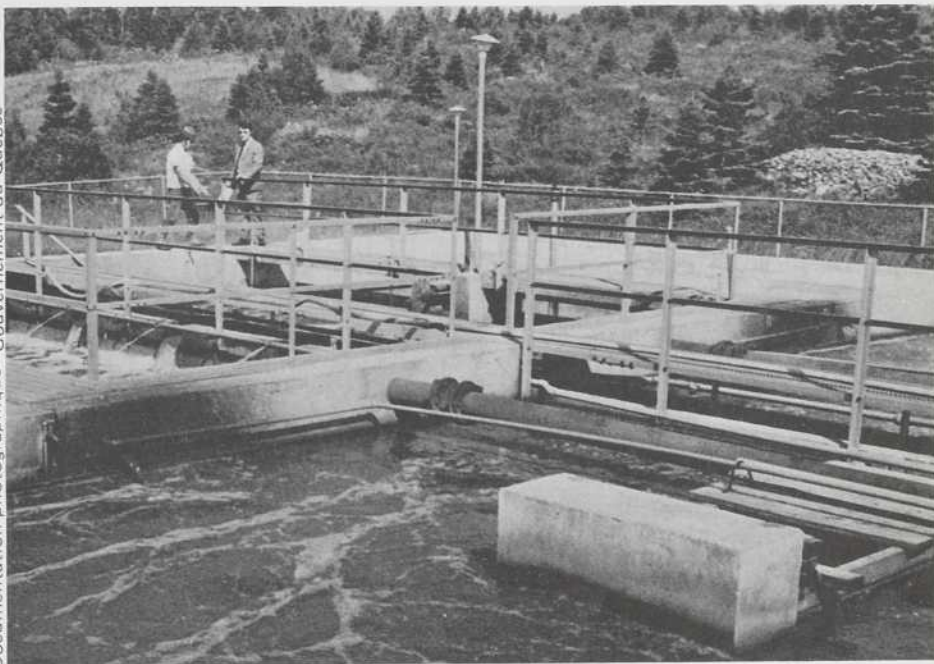
## L'EAU D'ÉGOUT SERAIT-ELLE POTABLE?

Dans ce même dossier de l'insouciance des municipalités, on peut ranger les constatations suivantes de l'AQTE à l'issue d'un examen systématique de la situation qui prévaut dans les 154 villes les plus importantes de la province, c'est-à-dire celles qui comptent plus de 5 000 habitants et qui regroupent ensemble 70% de la population québécoise: le tiers de ces villes n'exerce aucune surveillance de leur eau potable. Le quart d'entre elles n'ont aucune idée de la quantité d'eau qui circule dans leurs conduites et 40% n'en mesurent jamais la pression. Enfin, le tiers des villes ignorent les sommes approximatives à investir pour la construction d'aqueducs ou d'égouts au cours des cinq

années à venir. Lorsqu'il s'agit de la deuxième tranche de cinq ans, l'ignorance atteint les deux tiers.

Si encore l'incurie des édiles municipaux ne concernait que l'alimentation en eau potable, ce serait un moindre mal. Tout le malheur vient de ce que les Québécois sont tout aussi insouciant en ce qui concerne leurs eaux usées. C'est vraiment une curieuse aberration mentale de considérer tous les cours d'eau comme des sources valables d'alimentation en eau potable au moment même où on en fait de simples prolongements naturels du réseau d'égouts... Personne ne semble encore s'étonner de voir 40% de la population du Québec s'alimenter en eau potable dans le Saint-Laurent alors que c'est justement dans ce cours d'eau qu'aboutissent les déchets de toute la province!

bouchure de la rivière des Prairies, (60 kilomètres à peine) environ 1,5 million de personnes déversent chaque jour 3,8 milliards de litres d'eau sale directement dans le fleuve par l'intermédiaire de 120 émissaires d'égouts. Certains émissaires sont d'ailleurs de véritables petites rivières de 15 ou 18 mètres de large avec un débit quotidien de 640 millions de litres. Par comparaison, la rivière des Mille Îles a un débit de quatre milliards de litres, à la sortie du lac des Deux-Montagnes. Pour avoir un portrait global de la situation, il faut aussi tenir compte d'un autre million de citoyens qui déversent chaque jour 470 millions de litres dans la rivière des Prairies (27 effluents) et 120 millions de litres dans la rivière des Mille Îles (dix émissaires). Ces derniers ont généralement un débit inférieur à ceux qui se jettent dans le fleuve même si un de ces émissaires a un débit quotidien de 300



Documentation photographique - Gouvernement du Québec

VUE DE L'USINE D'ÉPURATION DU LAC ETCHEMIN — Seulement un tiers des municipalités du Québec possèdent une usine d'épuration pour traiter leur eau. Parmi les usines existantes, bien peu fonctionnent convenablement souvent à cause de l'insouciance des municipalités.

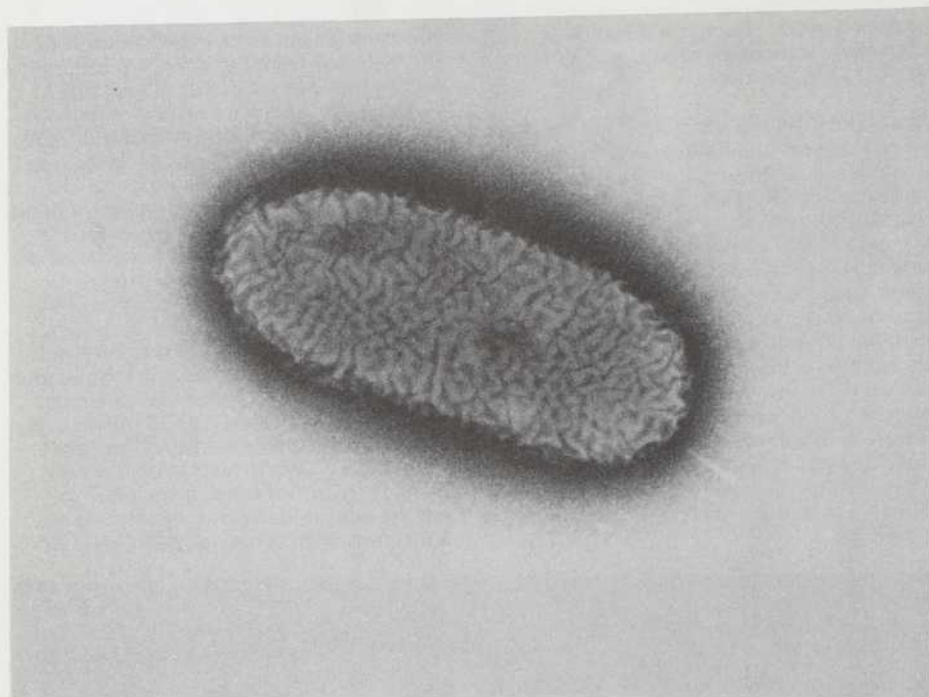
millions de litres à lui seul, ce qui commence à être «respectable». Ces débits plus faibles s'expliquent par un développement industriel moins intense dans la partie nord de Montréal: les effluents strictement résidentiels et commerciaux ont un débit quotidien moyen de 900 litres par personne tandis que les effluents industriels ont un débit dix fois plus élevé en moyenne.

## DES RIVIÈRES DANS LE FLEUVE

Les études les plus récentes ont livré des informations extrêmement intéressantes sur le comportement des eaux d'égouts dans un cours d'eau: contrairement à ce qu'on croyait jusqu'à maintenant, les deux types d'eau se marient difficilement et préfèrent couler côte à côte dans le même lit sur de longues distances, sans se pénétrer. Le plus souvent, le contenu

L'insouciance est telle que, parmi les 124 municipalités qui ont répondu au questionnaire de l'AQTE, 14 ignoraient même le nombre exact de leurs émissaires d'égouts! Exactement le même nombre (11%) traitent une partie de leurs eaux usées. En pratique, cela fournit à peine un traitement primaire (filtration-décantation) à 4% ou 5% de la population concernée.

Les résultats d'une telle incurie sont particulièrement critiques dans la région de Montréal: sur une portion du Saint-Laurent qui va du lac Saint-Louis à l'em-



1

de l'égout repoussera donc l'eau propre au large et il adhèrera au rivage sur de grandes distances, au grand désespoir des propriétaires riverains. Le phénomène n'est pas rare puisqu'il a été constaté dans l'Outaouais, dans le fleuve Saint-Laurent et dans les deux rivières de l'archipel de Montréal. L'eau de tous ces cours d'eau est donc beaucoup plus polluée le long des rives où on peut trouver de l'eau d'égout presque «pure» (!) alors que la partie centrale est beaucoup moins affectée.

On a aussi étudié avec beaucoup d'attention le confluent très particulier formé à l'aval de l'archipel de Montréal, là où les rivières l'Assomption, des Mille Îles et des Prairies se jettent dans le Saint-Laurent. Tous ces cours d'eau continuent à couler en parallèle en transportant chacun leur charge de pollution particulière le long de la rive nord du fleuve. On a pu suivre leur trace au-delà du lac Saint-Pierre, jusqu'à Trois-Rivières dans le cas de la rivière des Prairies. Il est même possible que ce dernier cours d'eau poursuive sa vie autonome au-delà de Trois-Rivières en passant sous les eaux du Saint-Maurice. Malheureusement, cela devient alors difficile à discerner. À la hauteur de Repentigny, là où les mélanges sont encore réduits au minimum, un nageur qui tenterait de traverser le Fleuve du nord au sud se trouverait à avancer d'abord dans l'eau de la rivière l'Assomption, puis dans celle de la rivière des Mille Îles puis dans celle de la rivière des Prairies puis dans la zone exceptionnellement polluée formée à l'extrémité de l'île de Montréal par la jonction des eaux d'égouts qui longeaient les rives des deux côtés, puis une zone formée surtout par les eaux de l'Outaouais qui s'étaient déversées directement dans le lac Saint-Louis (et qu'on peut identifier jusqu'au lac Saint-Pierre), puis

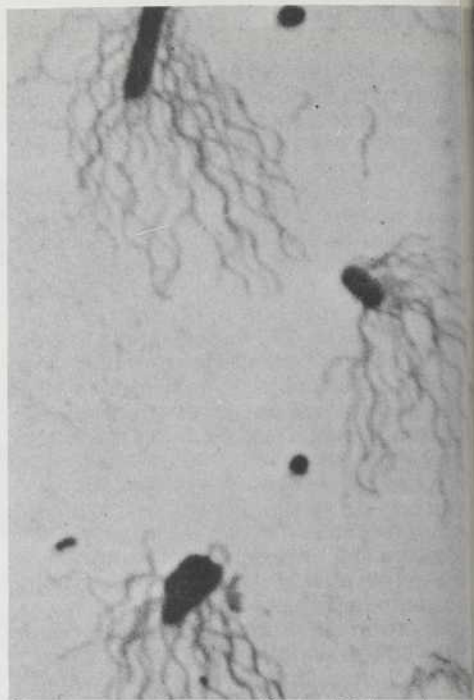
dans l'eau du Saint-Laurent en provenance des Grands Lacs puis, en fin de compte, dans l'eau des égouts de la rive sud.

Ces découvertes obligent évidemment à nuancer énormément les résultats des analyses effectuées dans le passé parce qu'il devient maintenant extrêmement important de savoir exactement où chaque échantillon avait été recueilli et d'où provenait l'eau ainsi étudiée. La situation est d'autant plus complexe que le lit du Saint-Laurent possède un relief assez tourmenté et que ces écoulements peuvent parfois se croiser sans se mélanger. Un tel croisement se produit notamment entre Batiscaun et Portneuf: l'eau «pure» du Saint-Laurent se trouve alors à couler directement le long de la rive sud entre Portneuf et Québec tandis que la partie polluée qui longeait auparavant la rive sud se voit repoussée au centre du fleuve.

## LE FLEUVE A LE COEUR PUR

Malgré le principe général déjà énoncé, il arrive aussi que deux cours d'eau se mélangent très rapidement. Cela se produit dans le cas du Richelieu, de la Nicolet et de la Chaudière, tous sur la rive sud du fleuve. Par contre, cela n'empêche pas la Yamaska et la Saint-François qui se déversent aussi dans la même région de poursuivre leur vie en parallèle sur une bonne distance. Règle générale, les affluents de la rive nord se mélangent plus difficilement, si bien que ces rivages sont pratiquement pollués continuellement de Montréal jusqu'à quelques milles avant Québec.

Le détournement de tous les égouts de Montréal vers une seule usine d'épuration qui rejeterait tous ses effluents à l'extrémité de l'île Sainte-Thérèse, à la hauteur de Varennes pourrait probablement



2

General Biology Inc.

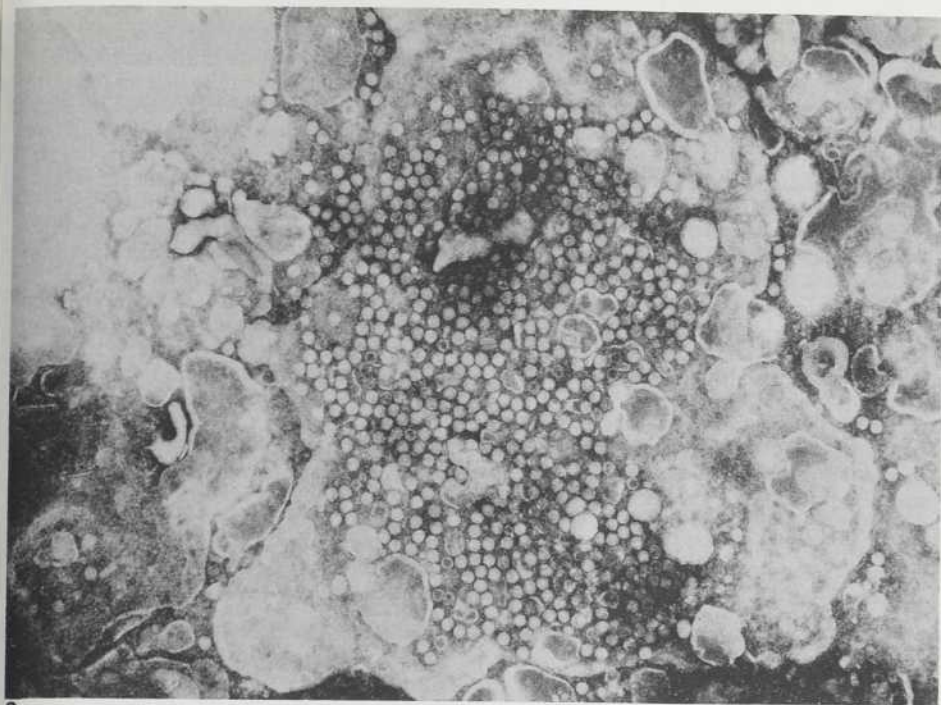
améliorer un peu la situation de la côte nord: au lieu d'aller se mélanger à l'eau de la rivière des Prairies et des Mille Îles, ces égouts se déverseraient au centre du fleuve, à l'endroit qui est actuellement le moins pollué. Par contre, il n'est pas encore certain que l'on pourra éviter toute influence néfaste sur la rive sud. De plus, l'eau de la rivière des Mille Îles et de la rivière des Prairies continuera à longer la rive nord en charriant toute la pollution de ville de Laval et de Repentigny, deux régions en expansion rapide. Au total, l'amélioration envisagée pour la rive nord risque donc d'être plus théorique que réelle...

## L'AUTO-ÉPURATION VAINCUE

Les études intensives menées par le comité Canada-Québec pour l'étude du fleuve Saint-Laurent pendant l'année 1973 ont aussi permis de mesurer avec précision le pouvoir «auto-épuration» du fleuve. Comme on le dit depuis déjà cinq ou six ans, ce pouvoir auto-épuration est réel mais il est pratiquement saturé sur la plus grande partie du tronçon Montréal-Québec. Pour ces calculs, on a divisé le fleuve en quatre sections: a) de Montréal à Sorel, b) le lac Saint-Pierre, c) du lac à Québec et d) du pont de Québec à la pointe aval de l'île d'Orléans. On a mesuré la charge de pollution véhiculée à la frontière de chaque section ainsi que celle de tous les affluents, de façon à mesurer l'évolution de la situation.

On a donc constaté que la région comprise entre Montréal et le lac Saint-Pierre a un excellent pouvoir d'épuration. À la hauteur de Sorel, le cours d'eau a déjà réussi à faire disparaître un cinquième de sa charge biologique (besoins en oxygène, quantité de nitrates, de phosphates et

ammoniac...  
pouvoir plus...  
on dépasse le...  
l'auto-épuration...  
à Québec...  
ment que de 1%...  
dans les env...  
les métaux...  
grais), le méme...  
est mainte...  
à la plus haut...  
que les mét...  
au fond...  
suspension. (On...  
l'écologie...  
le fleuve n'a...  
croissante...  
de métaux re...  
nement.  
BEAUCOUP D...  
traquement, le...  
une excellente...  
l'oxygène dissou...  
l'ordre de 90%...  
l'eau. (Par comp...  
de 60% dans...  
des Deux-Mon...  
dans une...  
de des vers...  
papier et...  
d'Orléans-Hull...  
mément ré...  
l'oxydation bio...  
sécès déversé...  
de grandes quant...  
le pont. C'est...  
demande biologi...  
nement de 3 110...  
l'eau d'oxygène...  
de 1% et il se re...  
l'eau.



◀ MICROFAUNE DE L'EAU POLLUÉE — Différents microorganismes pullulent dans les eaux polluées. Certains sont inoffensifs, comme ce coliforme (1) qui, cependant, indique par sa présence la possibilité d'y trouver d'autres bactéries extrêmement dangereuses pour l'homme, tel le salmonella typhi (2), responsable des fièvres typhoïdes. Les eaux polluées peuvent même contenir des virus (3) dont celui causant la poliomyélite. Les photos (1) et (3) ont été prises au microscope électronique par le Dr Hans W. Ackermann, Université Laval.

3  
d'azote ammoniacal). Le lac lui-même a un pouvoir plus faible (10%). Enfin, dès qu'on dépasse le lac Saint-Pierre, le potentiel d'auto-épuración semble saturé: jusqu'à Québec, les polluants ne diminuent que de 1% et ils augmentent de 17% dans les environs de la Vieille Capitale.

Pour les métaux, (fer, cuivre, zinc et manganèse), le même phénomène se répète mais c'est maintenant le lac Saint-Pierre qui a le plus haut potentiel d'épuration parce que les métaux ont tendance à se déposer au fond avec les matières en suspension. (On ne dit pas que c'est bon pour l'écologie du lac...). Plus loin en aval, le fleuve n'arrive plus à absorber la masse croissante de pollution et la quantité de métaux recommence à augmenter légèrement.

### BEAUCOUP DE SOUFFLE

Heureusement, le Saint-Laurent jouit d'une excellente aération puisque le taux d'oxygène dissout se maintient toujours au-delà de 90% sur l'ensemble du parcours. (Par comparaison, ce taux n'est que de 60% dans l'Outaouais et dans le lac des Deux-Montagnes qui sont tous deux dans une situation déplorable à cause des déversements des usines de pâtes et papier établies dans la région d'Ottawa-Hull.) Cette constatation est extrêmement réconfortante puisque l'oxydation biologique naturelle des déchets déversés dans le fleuve consomme de grandes quantités d'oxygène. Ainsi, entre le pont Champlain et Varennes, la demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) augmente de 310 tonnes par jour mais le taux d'oxygène dissout ne diminue que de 1,8% et il se rétablit rapidement par la suite.

Ces mêmes études sur le potentiel d'auto-épuración du Saint-Laurent ont aussi démontré que l'apport des autres cours d'eau est loin d'être négligeable. Ensemble, ils augmentent de 22% la quantité de phosphore total, de 21% la quantité d'oxygène requise pour l'oxydation chimique des polluants, de 9% la quantité d'azote ammoniacal et de 7% celle des nitrates. Le fleuve, pour sa part, réussit à éliminer 25% des nitrates qu'il reçoit, 10% du phosphore, 56% du cuivre, 11% du zinc et 9% du manganèse. Par contre, il est incapable de faire face au fer dont la quantité augmente de 14% entre la Métropole et Montmagny.

### LA VICTOIRE DES COLI

Cette pollution par les égouts s'accompagne évidemment d'une énorme contamination bactérienne. Comme il s'agit manifestement du facteur le plus important au niveau de l'eau potable, il y a lieu de s'y arrêter.

La région de Montréal est particulièrement intéressante à cet égard parce que les études récentes ont montré que la pollution bactériologique de l'Outaouais est concentrée le long de ses rives à l'endroit où il se déverse dans le lac des Deux-Montagnes. L'eau polluée d'une des rives passe directement dans le Saint-Laurent à la hauteur de l'île Perrot et l'autre filet de pollution reste collé à la rive nord-ouest du lac. En conséquence, la partie centrale de l'Outaouais et surtout l'essentiel du lac des Deux-Montagnes sont constitués d'eau potable sans aucun traitement. Il en est de même au début de la rivière des Prairies et le long de la rive sud du lac, si on fait exception de la pollution locale provoquée par des installations sanitaires défectueuses.

Dans la rivière des Prairies, l'eau ne reste pas potable longtemps, comme on peut s'en douter. Cette bonne condition n'est déjà plus qu'un souvenir au bout de six kilomètres, à l'emplacement du premier effluent de Pierrefonds. Lorsqu'on parvient aux égouts de Montréal, la situation devient réellement grave et on trouve facilement 100 000 coli par échantillon de 100 millilitres et jusqu'à 10 000 coli fécaux. En 1964, la rivière était déjà aussi détériorée.... La situation évolue de la même façon dans la rivière des Mille Îles: au bout de trois kilomètres à peine l'eau n'est plus potable et la situation devient «très mauvaise» à la hauteur de Sainte-Rose pour s'améliorer légèrement par après.

Pour comprendre le pouvoir de contamination d'un gros égout, il suffit de rappeler qu'en 1970, on a régulièrement trouvé 10 millions de coliformes par prélèvement et jusqu'à 700 bactéries pathogènes dans le gros égout qui se déverse à proximité du pont Pie IX. En deux mois, on a pu y détecter huit variétés différentes de bactéries dangereuses.

Dans le port de Montréal, la concentration de coliformes varie énormément en raison de l'origine différente des divers filets d'eau qu'on peut y trouver. Le long des quais (sous lesquels les égouts viennent aboutir) et jusqu'à l'extrémité est de l'île, le nombre des coliformes oscille généralement entre 15 000 et 25 000 mais il peut faire des sauts brusques jusqu'à 50 000 ou 70 000 à proximité des principaux émissaires. Les coliformes fécaux, eux, oscillent généralement autour de 20 000 avec des pointes jusqu'à 18 000. L'eau semble encore plus gravement contaminée sur la rive sud puisque le nombre des coli y est deux fois plus élevé. Dans la région de Repentigny, là où s'écoulent les rivières

l'Assomption, des Mille Îles et des Prairies, le nombre des coliformes grimpe à 57 000. Par contre, la situation est incomparablement meilleure autour des îles de Varennes où le nombre de coliformes est inférieur à 1 000 et où il est possible de se baigner sans danger. Il en est de même dans le chenal où on trouve parfois moins de 100 coli (mais on peut en trouver jusqu'à 5 000 là où le chenal longe les quais de trop près).

### QUÉBEC, RENDEZ-VOUS DES COLI

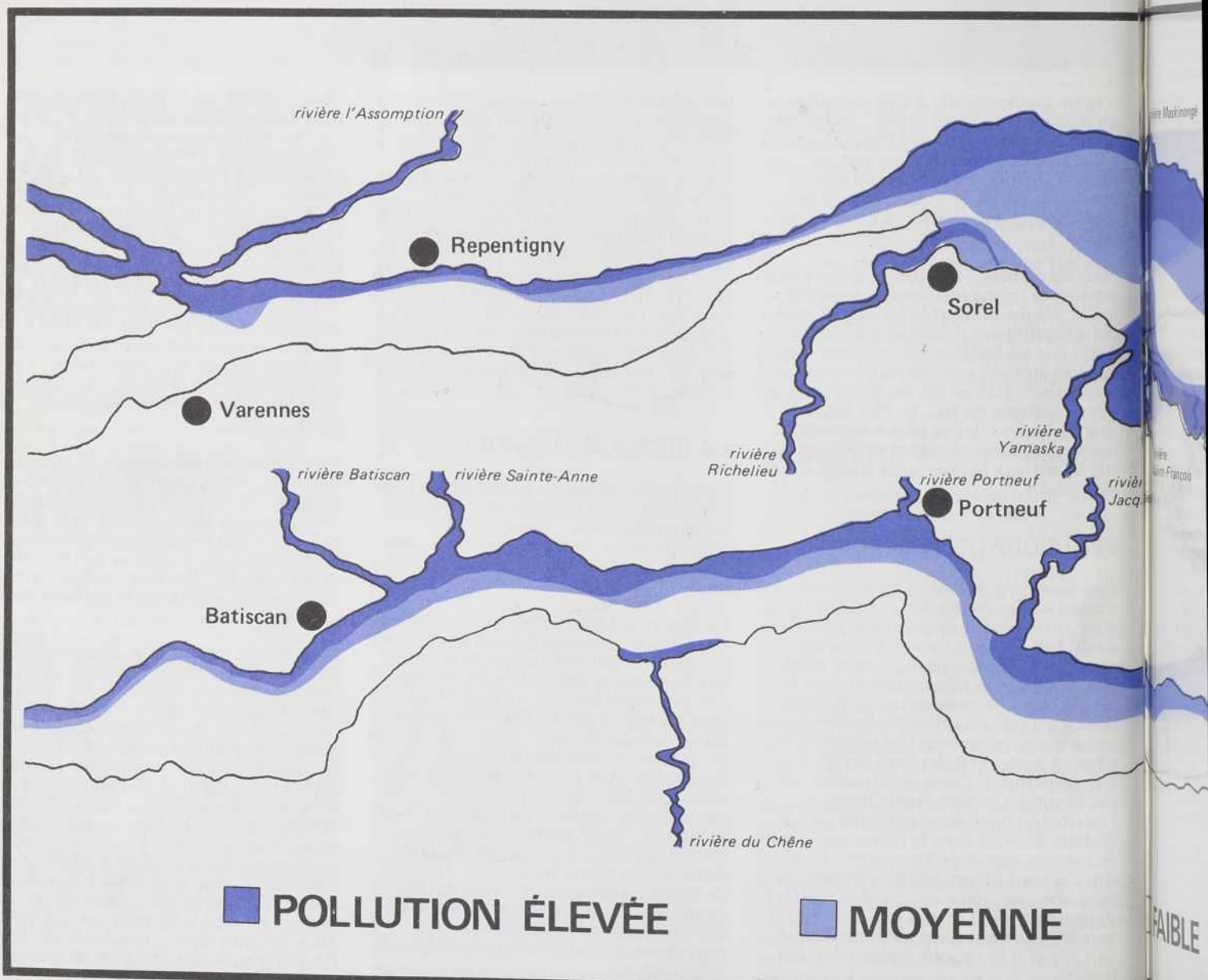
Dans la région de Québec, la situation se présente un peu différemment parce que le vigoureux brassage provoqué par les marées dans ce secteur fournit une masse d'eau beaucoup plus homogène. Malgré tout, la pollution locale le long des rives provoque des augmentations du taux de coliformes, particulièrement sur la rive

nord où le taux atteint souvent 25 000. Sur la rive sud et dans le chenal, il oscille plutôt autour de 7 000 et 3 000 respectivement. A cela, il faut aussi ajouter que Québec a le triste privilège de posséder un record de pollution dans l'embouchure de la petite rivière Saint-Charles et dans la baie adjacente où l'on a trouvé en moyenne 885 000 coliformes par échantillon. Le taux d'oxygène dissout est voisin de 60% dans la baie et de 40% dans la rivière elle-même. C'est compréhensible puisque la demande en oxygène provoquée par les matières organiques y est 50 fois plus élevée que dans le port.

Si on jette maintenant un regard d'ensemble sur le fleuve de Montréal à Québec au niveau du chenal où l'eau est généralement moins polluée, on découvre que la situation se dégrade d'année en année. Il y a quelque temps, on avait trouvé une moyenne maximale d'environ 2 000 coliformes (Québec Science, avril 1973, p.12).

En juin 1973, cette moyenne avait déjà triplé pour atteindre 6 345 coliformes. Normalement, une telle eau ne devrait pas servir à l'alimentation d'une usine de traitement qui se contente d'une simple désinfection. De plus, comme le nombre de coliformes se stabilise autour de 1 000 ou 2 000 en aval du lac Saint-Pierre, on peut en conclure qu'il est dangereux de se baigner dans le fleuve quel que soit l'endroit entre Montréal et Québec. En amont du lac, en effet, le taux de coliformes est beaucoup plus élevé et il atteint 15 500 juste avant Sorel même si le chenal est normalement à l'abri de la pollution des rives.

La contamination croissante du Saint-Laurent s'explique en partie par le haut degré de pollution des divers cours d'eau qui se jettent dans le fleuve après avoir été eux-mêmes transformés en égouts à ciel ouvert. Les taux de coliformes mesurés à l'été 1973 dans tous ces af-



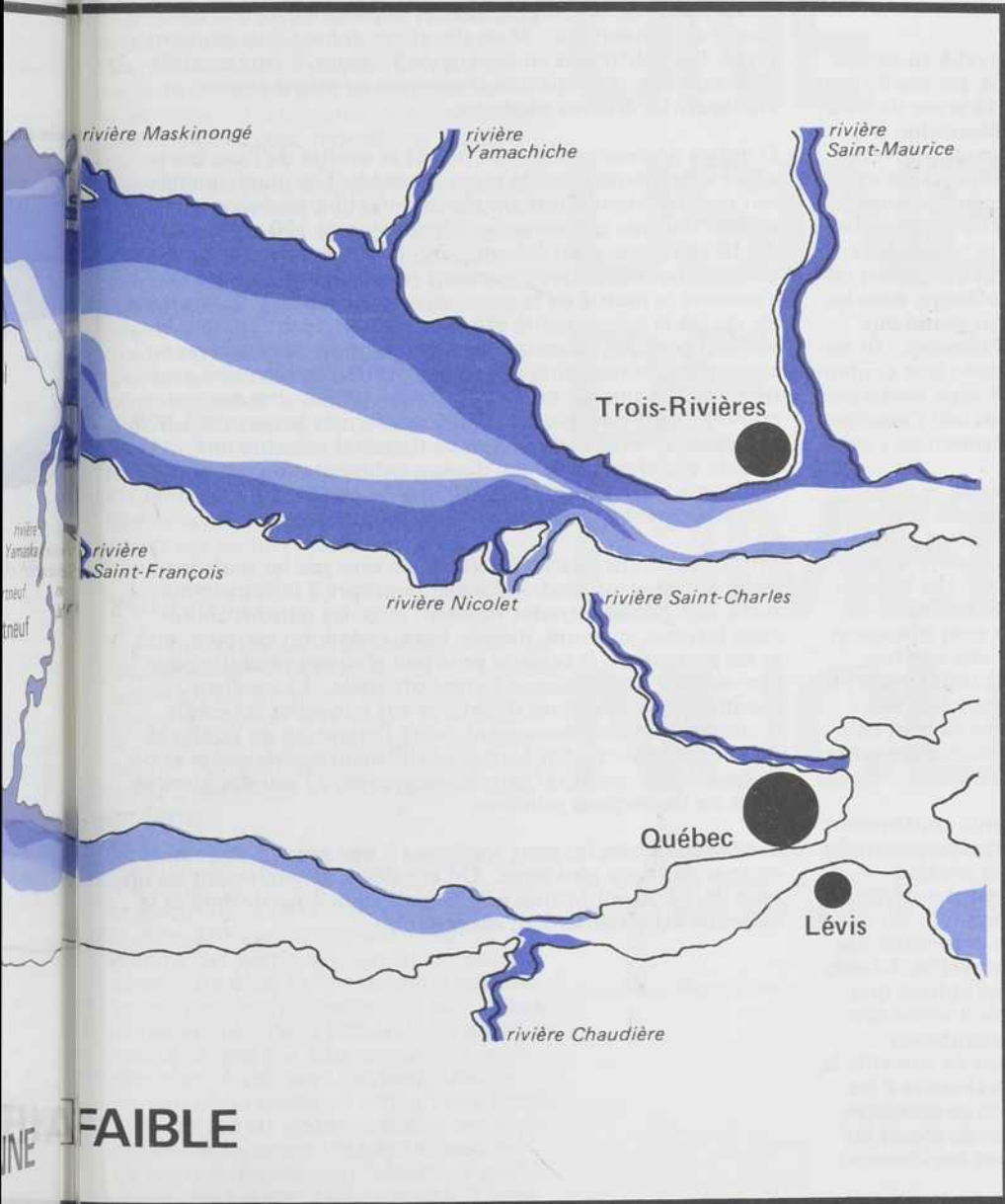
fluents sont suffisants pour interdire la baignade partout, sans aucune exception.

Au point de jonction avec le Saint-Laurent, le nombre de coliformes par prélèvement atteignait 33 000 pour le Richelieu, 10 000 pour la Yamaska, 11 500 pour la Saint-François, 28 000 pour la Nicolet, 1 750 pour la Bécancour, 3 600 pour la Gentilly, 9 000 pour les deux rivières du Chêne, 20 000 pour la Chaudière, 10 000 pour l'Etchemin et 4 300 pour la rivière du Sud. Dans le cas des affluents de la rive nord, le taux de coliformes atteignait 29 000 dans la rivière l'Assomption, 10 millions (sic) dans le ruisseau Bayonne (à Berthier), 14 000 dans la Maskinongé, 26 000 dans la rivière du Loup, 178 000 dans la Yamachiche, 9 000 dans le Saint-Maurice, 17 000 dans la Champlain, 8 000 dans la Batiscan, 1 750 dans la rivière Sainte-Anne, 150 000 dans la Portneuf, 4 000 dans la Jacques-Cartier, 165 000 dans la Saint-Charles, 1 850 dans la Mont-

morency et 2 300 dans la rivière Sainte-Anne du nord.

Aussi fastidieuse qu'elle soit, cette dernière énumération illustre magnifiquement la pollution bactérienne généralisée dans tous les cours d'eau du Québec. D'ailleurs, elle est confirmée par les données recueillies par l'Association québécoise des techniques de l'eau relativement à la contamination des sources brutes d'eau potable (avant traitement) pour l'année 1970-1971. Pour celles qui s'alimentaient dans des rivières ou dans le fleuve, 96% des analyses d'eau brute contenaient plus de 10 coli fécaux, et la moitié en contenaient plus de 700. Enfin, 2% en contenaient entre 15 000 et 45 000! Pour les municipalités qui s'alimentent dans des lacs, la situation est encore pire puisque l'on a trouvé plus de 1 200 coli fécaux dans la moitié des échantillons analysés.

De tout cela, une conclusion à retenir: la moitié des villes québécoises de plus de 5 000 habitants devraient normalement être à la recherche d'une nouvelle source d'eau potable. ●



◁ DES RIVIÈRES DANS LE FLEUVE — Les rivières et les égouts qui se jettent dans le fleuve Saint-Laurent ne se mélangent pas uniformément à son eau. Ils continuent à couler côte à côte sans se pénétrer. Il en résulte une très forte pollution de la rive nord du fleuve alors que l'eau propre est repoussée vers le centre. La rive sud, plus favorisée, est arrosée sur presque toute sa longueur par de l'eau relativement propre. (Cette carte a été élaborée par Environlab Inc., Québec et publiée dans l'Etude de la qualité des eaux du fleuve Saint-Laurent effectuée par les Services de protection de l'environnement, Québec.)

# A QUOI SERVENT LES COLIFORMES ?

Toutes les fois qu'il est question d'eau potable, les journalistes, les hommes de science et même les politiciens débattent savamment de la question en s'assommant mutuellement à coup de coliformes: «l'eau est dangereuse à boire, dit l'un, parce qu'on y a trouvé une dizaine de coliformes». — «Ne nous énermons pas, répond l'autre, les coliformes n'ont jamais tué personne et ils ne présentent aucun danger pour la santé.» Pendant ce temps, la masse des auditeurs ne sait plus quoi penser et se demande silencieusement: «au fait, qu'est-ce qu'un coliforme?»

En réalité, on classe dans la catégorie des «coliformes» toutes les variétés de bacilles (bactéries en forme de bâtonnets) non sporulants et capables de provoquer une fermentation du lactose en moins de 48 heures, à 35°C.

L'intérêt qu'on leur porte n'est aucunement relié au danger qu'ils représentent eux-mêmes pour l'homme, puisqu'ils sont à peu près inoffensifs. D'ailleurs, il serait très grave de trouver un microbe dangereux dans un simple échantillon d'à peine 100 millilitres (une once et demi environ): cela représenterait déjà un danger tout à fait inacceptable. Dans ce contexte, il est essentiel de posséder d'autres indicateurs qui permettent d'évaluer avec précision le degré de contamination de l'eau sans avoir à trouver les microbes pathogènes eux-mêmes. Ce sont justement les coliformes qui jouent ce rôle d'indicateur parce qu'ils sont toujours présents dans les eaux d'égouts. Leur nombre est d'autant plus grand que l'eau a été gravement contaminée par les excréments. Ils ne vivent que quelques heures et ils indiquent donc une contamination bactérienne récente. Enfin, ils vivent aussi longtemps que la plupart des organismes dangereux et ils ont l'avantage d'être éliminés de la même façon par le traitement de l'eau.

Certaines catégories de coliformes (entérobacter et citrobacter) prolifèrent non seulement dans le système digestif humain mais aussi dans les plantes et dans l'humus du sol. Une troisième catégorie (escherichia) provient uniquement des intestins de l'homme et d'autres vertébrés. Les bacilles de cette dernière catégorie sont donc aussi dénommés «coliformes fécaux». Comme les coli fécaux sont beaucoup moins nombreux que les autres, même dans une eau très polluée, et comme ils sont parfois difficiles à différencier, il serait risqué d'évaluer la qualité bactériologique de l'eau potable seulement sur cette base. La présence de tout coliforme dans l'eau potable est déjà un indice sérieux de contamination.

Outre les inoffensifs coliformes, les excréments contiennent aussi plusieurs variétés de bactéries nuisibles, notamment les salmonelles (responsables de la typhoïde), les protéus (vecteurs de diverses infections comme les gastro-entérites), les shigelles (dysentérie) ou les vibrions (choléra). En outre, la pollution de l'eau par les excréments peut provoquer des maladies virales: méningites, hépatites, poliomyélite, fièvres, coryza, etc. Normalement, les virus ne se multiplient que dans l'organisme des personnes infectées mais il arrive souvent qu'une infection ne présente aucun symptôme... Malheureusement, aucun organisme québécois ne surveille la présence des virus et aucune municipalité ne cherche à les éliminer de l'eau potable ou des égouts. Dans ce contexte, il est particulièrement important de surveiller au moins les coliformes pour détecter toute contamination bactérienne.

Les normes canadiennes prévoient que le nombre des échantillonnages varie en fonction de l'importance du réseau d'adduction: il va de deux fois par mois pour les agglomérations de 2 000 âmes ou moins jusqu'à deux ou trois cents lorsqu'on atteint les millions de citoyens. On doit faire au moins dix analyses par mois dans toute municipalité de plus de 8 500 h.

Dans l'eau potable, les normes stipulent qu'on peut accepter jusqu'à quatre coliformes dans 5% des échantillons prélevés pendant un mois. Toutefois, des mesures de correction immédiates s'imposent dès que l'on découvre plus de 10 coli dans un échantillon ou dès que l'on détecte des coli dans plus de 10% des analyses. Dans tous les cas où l'on prélève moins de 10 échantillons par mois (c'est la règle dans 94% des cas au Québec), on ne doit pas tolérer la présence de coli dans plus d'un échantillon. Si un deuxième échantillon contient un ou des coliformes en dedans de 30 jours, il faut aussitôt effectuer une série spéciale d'analyses au même endroit et appliquer les critères généraux.

D'autres normes concernent plutôt la qualité de l'eau brute, avant le traitement qui la rendra potable. Les municipalités qui se contentent d'une simple désinfection ne doivent pas utiliser une eau qui aurait au départ plus de 100 coli totaux ou 10 coli fécaux par échantillon. (Cette concentration est généralement dépassée largement dans le Saint-Laurent où s'abreuve la moitié de la population québécoise.) Même dans les cas où la municipalité effectue un traitement complet de son eau potable, (floculation et coagulation des matières en suspension, élimination par sédimentation et filtration avec désinfection finale), on ne doit jamais utiliser une eau qui contient au départ plus de 5 000 coliformes totaux ou 1 000 coli fécaux. Pourtant, si une municipalité effectue une double désinfection et une double sédimentation, on peut à la rigueur tolérer jusqu'à 20 000 coli dans 5% des échantillons d'eau brute recueillis pendant un mois.

Enfin, rappelons que les microbes ne sont pas les seuls facteurs qui peuvent rendre une eau impropre à la consommation. Des normes strictes régissent aussi les poisons chimiques (arsenic, cyanure, plomb, bore, cadmium, mercure, etc) et les pesticides. Il subsiste pourtant d'autres produits pour lesquels il n'existe aucune norme officielle. Le meilleur exemple serait les fibres d'amiante sur lesquelles les médias d'information ont récemment attiré l'attention du public et du gouvernement: elles sont probablement cancérigènes et on en trouve des quantités astronomiques dans l'eau des grandes villes ou des régions minières.

Pour la baignade, on peut appliquer à peu près les mêmes normes de façon plus large. On considère généralement qu'un taux de 1 000 coliformes constitue le seuil à partir duquel la baignade est sérieusement déconseillée.



# UNE USINE DE CIMENT NUCLEAIRE

Pourquoi les physiciens nucléaires de l'Ouest ont-ils construit cette machine de 5 000 tonnes puisqu'il faudrait empiler des millions de millions des objets qu'ils veulent voir avant d'obtenir l'épaisseur d'un ongle? Le bijoutier n'enfile pas de gants de boxe pour réparer une montre.

Comme on va le constater, il faut souvent laisser son bon sens à la porte lorsqu'on entre dans l'univers des accélérateurs de particules. Si l'on fait l'effort de comprendre cet univers, pourtant, force est de constater que les scientifiques des universités d'Alberta, de Victoria, de British Columbia et Simon Fraser savaient très bien ce qu'ils faisaient en entreprenant la construction de leur gigantesque microscope de 33 millions de dollars, il y a sept ans. Avant de parler de l'«usine de ciment nucléaire», surnom de l'accélérateur Triumf, il faut donc résumer un peu les lois de la nature avec lesquelles étaient aux prises les physiciens canadiens.

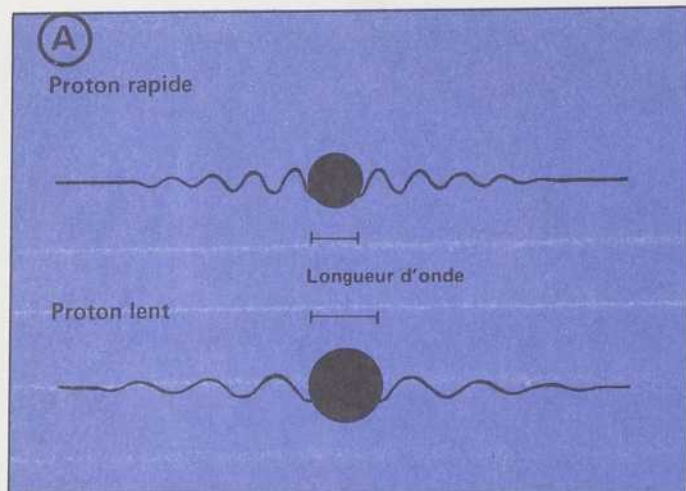
## VOIR PETIT

L'énorme taille des microscopes à particules élémentaires tient au fait qu'il faut une lumière d'autant plus énergétique que l'objet à regarder est petit. Les grands accélérateurs de particules sont des machines qui transforment des dizaines de kilowatts d'électricité en cette lumière riche en énergie.

En effet, en manipulant les briques élémentaires de l'atome, protons, neutrons et électrons, les physiciens ont observé que ces êtres se comportaient tantôt comme des particules, tantôt comme des ondes. De plus, ils ont constaté que leur taille diminuait à mesure que leur vitesse se rapprochait de la lumière! Il revient au même de dire que leur longueur d'onde diminue. Ainsi, avec des particules de plus en plus rapides on obtient une lumière plus fine, ou —comme disent les physiciens— de longueur d'onde très courte. Or ceci représente tout l'intérêt d'accélérer des particules. Une longueur d'onde

Avec l'accélérateur de particules Triumf, à Vancouver, le Canada dispose maintenant d'un appareil unique au monde pour photographier l'intérieur de l'atome.

par Jean-Marc Fleury



1 000 fois plus petite que la taille de l'objet photographié révélera beaucoup de détails. Si la longueur d'onde est aussi grande que l'objet, on ne distingue qu'un point informe. Ceci a été largement exploité dans les microscopes électroniques.

Par exemple, la longueur d'onde d'électrons accélérés par une tension électrique d'un milliard de volts mesure  $10^{-15}$  mètre (fraction d'un mètre représentée par un divisé par le chiffre un suivi de 15 zéros). Ceci permet à ces électrons de séparer et distinguer les atomes des molécules car le diamètre atomique est de  $10^{-10}$  mètre. Avec des électrons de cette énergie, le physicien dispose d'une lumière aussi fine que celle des rayons gamma, dont la manipulation est encore impossible. Ils brisent les lentilles.

Mais avant l'apparition du microscope électronique moderne, Ernest Rutherford, dans un laboratoire de l'Université McGill, à Montréal, fut le premier à «photographier» avec des projectiles. Il obtint la première image détaillée d'un atome. Cette image allait poser un énorme défi aux photographes nucléaires. En effet, l'image obtenue lui indiquait que  $10^{-10}$  m n'était que le diamètre d'une sphère sur laquelle circulent les électrons de l'atome, sorte de système solaire miniaturisé. Les électrons orbitaient à 50 000 diamètres nucléaires d'altitude. On a une idée de la petitesse relative du cœur de l'atome, le noyau, lorsqu'on note que la Lune n'est qu'à 30 diamètres terrestres de la Terre. Le noyau de l'atome n'avait que  $10^{-15}$  m de diamètre. Il fallait une nouvelle génération de microscopes capables de produire des lumières beaucoup plus énergétiques et fines.

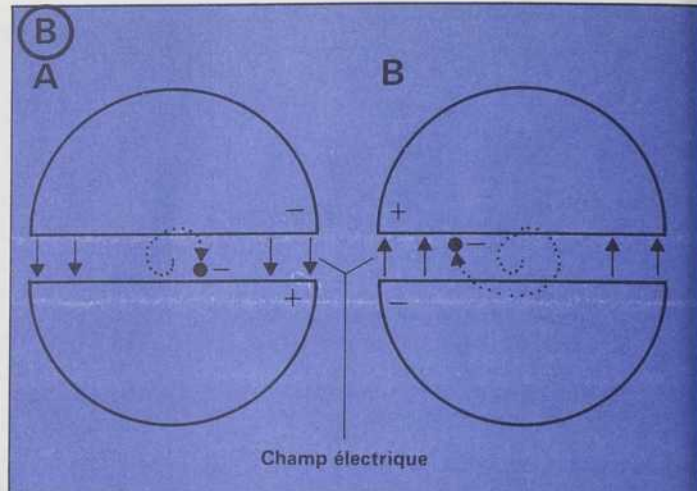
## LA POIGNÉE ÉLECTRIQUE

Les grands accélérateurs accélèrent surtout deux sortes de particules, des protons et des électrons. Toutes deux possèdent la même quantité de charge électrique, mais elle est de signe positif pour le proton et de signe négatif pour l'électron. Cette charge permet à des champs électri-

ques de les pousser et de les accélérer. Le neutron, qui possède une charge nulle ne possède pas cette «poignée» électrique. Ainsi, un neutron placé dans un champ électrique ne bouge pas. Le proton, par contre, remonte immédiatement les lignes de champ vers la borne négative, tandis que l'électron se dirige vers la borne positive. On dit que les charges de signe contraire s'attirent. Dans l'accumulateur de 12 volts d'une automobile, par exemple, les électrons circulent de la borne négative vers la borne positive, créant le courant électrique qui chauffe le filament des phares et les fils du dégivreur. Les physiciens calculent l'énergie de ces électrons en électrons-volts. Ainsi, les électrons de la pile de 12 volts possèdent une énergie de 12 électrons-volts, en abrégé 12 eV. Chez les accélérateurs, leur énorme tension ou champ électrique nous oblige à calculer leur énergie en millions d'électrons-volts, MeV, ou en milliards d'électrons-volts, GeV.

Rutherford ne disposait pas d'accélérateur, mais il utilisa les propres munitions de la nature. Dans les noyaux, les protons et neutrons circulent très rapidement sur des orbites. Leurs dimensions s'en trouvent réduites d'autant pour leur permettre, justement, d'entrer dans le noyau. Certains minerais, radium et uranium, possèdent des noyaux instables qui se désintègrent en émettant des particules ou des grappes de particules dotées d'énergie considérable. Le radium, en particulier, émet des grappes de deux neutrons et deux protons, appelées particules alpha, dont l'énergie varie entre 5 et 8 MeV. Leur longueur d'onde était donc assez courte pour permettre à Rutherford de distinguer le noyau.

Ses successeurs n'ont pas la tâche aussi facile. Il leur faut maintenant photographier le noyau qu'il a découvert et dont le diamètre ne dépasse guère  $10^{-15}$  mètre. Voilà pourquoi ils fabriquent des accélérateurs de particules ou, si l'on veut, des microscopes à noyaux. Parfois l'énergie de ces machines atteint des valeurs si grandes que les noyaux photographiés se brisent et qu'une pléthore de particules



étranges à vie très brève apparaissent. Mais ceci est une autre histoire.

## UN GARDE-FOU MAGNÉTIQUE

Vers 1930, Robert Van de Graaff, à Princeton, aux États-Unis, fabrique le prototype d'un accélérateur qui allait devenir populaire dans le monde entier. L'appareil accélère des ions légers (un atome devient un ion en perdant ou en gagnant des électrons) en ligne droite, d'une seule traite, grâce à une différence de potentiel électrique d'une dizaine de millions de volts.

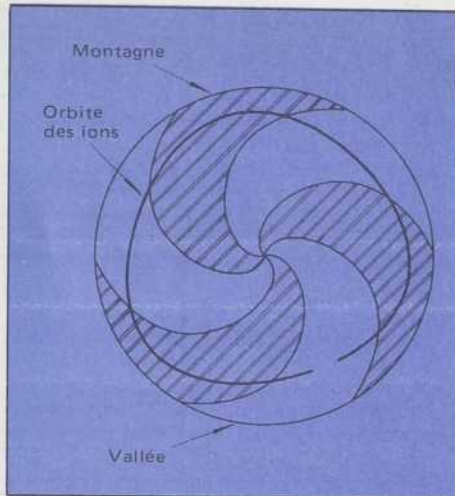
À peine deux ans plus tard, le véritable père des accélérateurs —on pourrait dire leur «grand» père— Ernest Lawrence, de l'Université de Californie, invente le cyclotron, piste de course circulaire pour particules.

Comme beaucoup d'idées géniales, le trait de génie de Lawrence était bien simple. Au lieu de tenter d'accélérer les particules d'une seule traite avec un voltage de plus en plus démesuré, pourquoi ne pas leur faire subir plusieurs fois le même «petit» voltage? D'ailleurs, l'énergie finale d'un ion accéléré par dix passages dans une différence de potentiel de 100 volts aura finalement la même valeur qu'après un seul passage dans une tension de 1 000 volts. Une première approche consisterait à faire passer l'ion léger dans une cascade de différences de potentiel. Des accélérateurs, dits accélérateurs linéaires, ont été construits sur ce principe. Le plus important, à l'Université Stanford, en Californie, mesure trois kilomètres de long! Mais ne pourrait-on faire revenir la particule dans le même champ électrique? Il suffirait qu'elle tourne en rond.

Ceci est d'autant plus possible que le champ d'un aimant dévie toute particule chargée d'électricité. Lorsque sa puissance devient très grande, il capture même les électrons, les protons et les ions. Ils tournent alors sans cesse en rond autour des lignes du champ magnétique. Ainsi, avec un champ électrique accélérateur et un

◀ (A) DE L'ÉLASTICITÉ DES PARTICULES — Einstein a montré que, pour un observateur au repos, les objets qui se déplacent à des vitesses proches de celle de la lumière se contractent. Ainsi, la longueur d'onde des protons rapides est plus courte que celle des protons lents. On dit aussi que le proton rapide est plus petit que le proton lent.

◀ (B) UNE BALANÇOIRE ÉLECTRIQUE — Les particules introduites au centre d'un cyclotron se retrouvent dans une sorte de balançoire. Quelques millions de fois par seconde, un champ électrique leur donne une vigoureuse poussée au bon moment. Dès qu'elles pénètrent au centre de l'appareil, le champ électrique les pousse vers l'intérieur d'un des «D», faits de deux moitiés de disque évidé. Sous l'action du champ magnétique, qui traverse les disques, la trajectoire s'incurve de sorte qu'elles reviennent vers l'interstice entre les «D». Elles traversent cet espace dans le sens inverse, mais le champ électrique a aussi changé de sens juste à temps, pour leur donner une nouvelle poussée. Et ainsi de suite...



◀ UN GARDE-FOU MAGNÉTIQUE — Ce cyclotron à seulement trois secteurs illustre le principe de Triumf. Les montagnes magnétiques assument tout le fardeau du guidage en repoussant chacune leur tour les particules vers le centre de l'appareil. Les zones frontières entre vallées et montagnes jouent aussi un rôle important. Par exemple, parce que la particule se rapproche de l'axe de la machine, en passant d'une montagne à une vallée, les lignes de champ compriment les ions dans le plan vertical. Le même effet de focalisation se manifeste en passant d'une vallée à une montagne parce que les particules s'éloignent alors de l'axe du cyclotron.

champ magnétique garde-fou, il devenait possible de construire des accélérateurs puissants... et compacts.

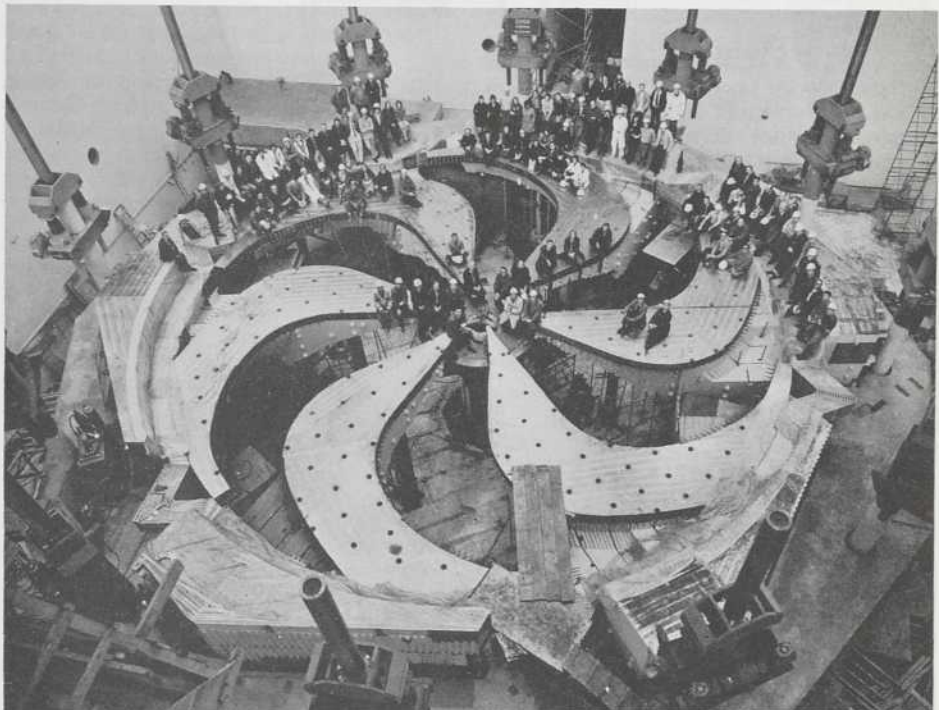
### LAWRENCE NE LE RECONNAÎTRAIT PAS

En pratique, le cyclotron se compose essentiellement d'un disque métallique évidé, coupé en deux. On place ces deux «D» à plat l'un en face de l'autre. Le champ d'un aimant superpuissant traverse l'ensemble de part en part. Quant au champ électrique accélérateur, il est créé dans la bande de vide qui sépare les «D».

Son sens varie rapidement, de façon à accélérer les particules chargées deux fois à chaque tour. Toute la réussite du cyclotron tient au fait que la particule décrit des cercles de plus en plus grands à mesure que sa vitesse augmente. Elle prend toujours le même temps pour faire un tour, de sorte que le nombre d'alternances du champ électrique par seconde demeure une quantité fixe. On appelle ce nombre fréquence de résonance du cyclotron. Les physiciens disent résonance puisque le rythme d'inversion du champ est accordé au mouvement de la particule.

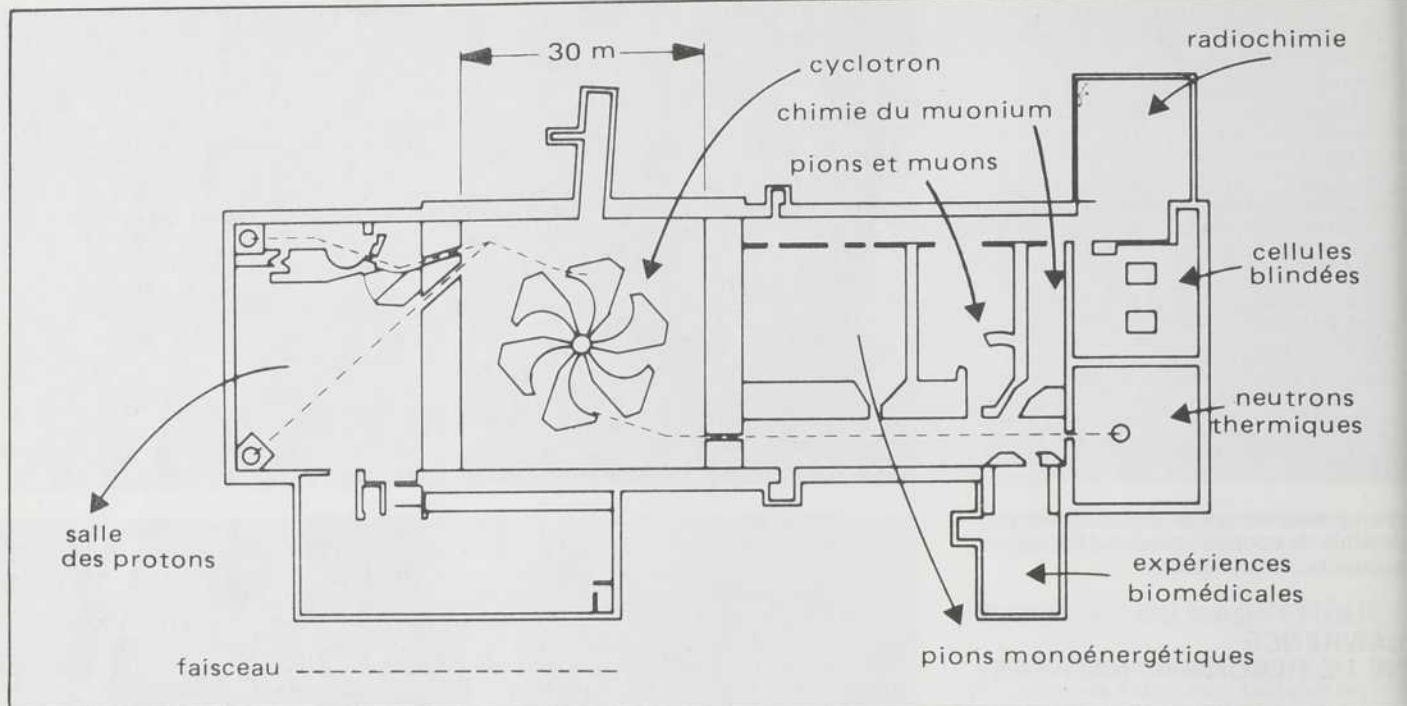
Dans un cyclotron moderne comme Triumf, la particule, dans ce cas-ci un atome d'hydrogène auquel on a ajouté un électron, donc de charge négative, décrit une longue spirale en 1 250 tours. Elle subit 2 500 poussées accélératrices de 200 000 volts. Multipliez ces deux dernières quantités entre elles et vous obtiendrez une énergie finale de 500 000 000 électrons-volts. Ceci revient à accélérer des protons jusqu'à 500 MeV puisque l'atome d'hydrogène est fabriqué d'un proton autour duquel orbite un seul électron. En ajoutant un électron au système, on dote l'hydrogène d'une poignée électrique négative. Nous allons voir pourquoi plus loin.

Mais l'accélérateur Triumf est une petite merveille. Lawrence ne reconnaîtrait plus son invention s'il visitait le laboratoire de



university of british columbia

▲ UNE ÉTOILE DE 5 000 TONNES — En janvier 1972, la partie inférieure de l'aimant Triumf était en place. Au cours des mois qui suivirent une autre étoile identique vint s'y superposer. Chaque bras de fer de 700 tonnes, fabriqué par les chantiers navals Davie, à Québec, concentrent les lignes du champ magnétique jusqu'à une intensité de 5 500 gauss. On voit facilement comment leur forme en spirale soumet plus longuement les particules au champ magnétique à mesure qu'elles s'éloignent de l'axe du cyclotron. L'alternance de montagnes magnétiques (les bras de fer de l'étoile) et de vallées magnétiques (zones vides) a pour conséquence de pincer les particules dans le plan vertical.



▲ ANTICHAMBRE POUR PARTICULES — De chaque côté du cyclotron des batteries de détecteurs « dessinent » les portraits atomiques à partir du patron de dispersion des particules sur les noyaux. À gauche, les physiciens travaillent directement avec les protons. Avant d'entrer dans la section de droite, les protons frappent une cible de laquelle jaillissent les faisceaux secondaires de pions, de muons et de neutrons.

Vancouver. De son temps, l'énergie des cyclotrons était limitée à 20 MeV par le mur de la lumière. Pour le vaincre, il dut sacrifier leur principal avantage, leur fréquence de résonance fixe. Comment réussit-il et quelle solution les physiciens de l'Ouest ont-ils adoptée?

## LE MUR DE LA LUMIÈRE

Déjà notre bon sens de contribuable a eu de la difficulté à accepter que la taille d'une « particule », ou une onde?, varie en fonction de sa vitesse. Abandonnez ce qu'il vous en reste car il vous faut maintenant comprendre que la masse de la particule augmente à mesure que sa vitesse se rapproche de celle de la lumière, 300 000 kilomètres par seconde. Ceci peut paraître d'autant plus incroyable que ses dimensions, elles, rapetissent! Qu'à cela ne tienne. Les physiciens le vérifient tous les jours. Ils ont beau pousser leur machine au bout les particules ne dépassent jamais cette vitesse. Lorsque la particule atteint 99,99 pour cent de la vitesse de la lumière, l'accélérateur ne parvient à augmenter sa vitesse que très lentement. Toute l'énergie que l'accélérateur lui fournit sert plutôt à augmenter sa masse. Ceci découle de la célèbre équation  $E = mc^2$  d'Einstein, où E signifie énergie, m masse et  $c^2$  représente la vitesse de la lumière multipliée par elle-même. Un accélérateur qui s'évertue à donner de l'énergie à une particule qui va déjà presque à la vitesse c ne parvient plus à l'accélérer pour la peine. Il ne fait qu'augmenter sa masse.

Ceci ruine complètement la belle simplicité du cyclotron. Lorsque l'énergie de la particule dépasse 20 MeV tout accroissement d'énergie se traduit par un accroissement de masse de plus en plus considéra-

ble. La particule, plus lourde, prend plus de temps à accomplir son arc de cercle. Fatalement, elle arrive en retard et cesse de subir la poussée du champ électrique. La résonance n'existe plus et la machine perd toutes les particules qu'elle a difficilement accélérées jusqu'à 20 MeV.

Pour conserver l'effet de résonance il fallait réduire graduellement la fréquence d'inversion du champ électrique afin qu'il patiente et attende les particules alourdies. On inventa donc le synchro-cyclotron, un cyclotron à fréquence variable, où la fréquence de résonance est commandée par l'augmentation de masse. Des machines de ce genre ont alors pu accélérer des particules jusqu'à 750 MeV.

## LE SOUFFLE COURT

Par contre, il fallait payer cette énergie accrue par un fonctionnement pulsé. Dans le cyclotron classique, la stabilité de la fréquence de résonance permet à la machine d'accélérer en même temps les particules de toutes les orbites et de toutes les énergies. L'appareil fonctionne comme un escalier mécanique. Dans Triumf, par exemple, chaque tour fait grimper toutes les particules d'une marche de 400 000 électrons-volts. Les chambres d'expérimentation disposent donc d'un faisceau continu et de grande intensité.

En perdant sa fréquence fixe, le synchro-cyclotron suit les protons à la trace et les accélère paquet par paquet. Il émet tout de même des salves de 30 à 300 coups par seconde, mais comme la durée de chaque coup ne dure que quelques milliardièmes de seconde. Il faut avouer qu'il passe le plus clair de son temps à reprendre son souffle!

Le dilemme des physiciens se résumait donc ainsi: comment bâtir une machine qui conserverait la grande énergie du synchro-cyclotron et redonnerait l'intensité du bon vieux cyclotron. Le débit de particules disponibles pour des collisions devenait d'autant plus important qu'il aurait fallu attendre un an avant que se produisent certains événements nucléaires, vitaux pour des physiciens, mais de probabilité très faible.

Chose certaine, il fallait absolument revenir à la fréquence fixe. Comment alors faire rentrer les particules trop «grasses» dans le rang?

### SCULPTER LE CHAMP MAGNÉTIQUE

Puisqu'ils ne pouvaient toucher au champ électrique, les physiciens jetèrent leur dévolu sur le champ magnétique.

Ils réalisèrent rapidement que s'ils augmentaient la force de l'aimant en fonction de son rayon, les particules seraient déviées de plus en plus efficacement. Elles décriraient des bras de spirale moins grands. Le ralentissement de vitesse attribuable à leur masse croissante serait alors compensé par une trajectoire moins longue. Plus besoin de ralentir progressivement la fréquence. Le cyclotron pourrait de nouveau débiter ses protons comme l'escalier roulant qui ne cesse de débarquer à l'étage supérieur les passagers qu'il va chercher un étage plus bas.

Un grave problème se posait quand même, la disparition de la force magnétique qui comprimait les particules dans le plan vertical. Elles sont de même signe électrique et ont tendance à se repousser. Après plusieurs tours elles iront se perdre contre le plafond ou le plancher de la chambre d'accélération si on les laisse à elles-mêmes. Dans le cyclotron classique, les particules étaient comprimées sur elles-mêmes, ou focalisées, en permettant au champ magnétique de décroître légèrement en s'éloignant du centre de l'appareil. Les lignes de champ épousent alors une forme qui ramène les particules vers le plan central de la chambre d'accélération. Au contraire, en augmentant le champ en fonction du rayon, la courbure des lignes de champ dispersait les particules vers le haut ou le bas des «D».

Dès 1938, le physicien L.H. Thomas avait trouvé la solution à cette difficulté, mais il était trop en avance sur son époque. Ce n'est qu'au début des années 60 que ses idées ont été comprises des physiciens.

Il proposait de séparer la «tarte» de l'aimant du cyclotron en plusieurs «pointes» de champ magnétique alternativement fort et faible. L'effet total serait de focaliser les particules dans le plan vertical. En ajustant le champ, il devenait possible de compenser suffisamment la défocalisation attribuable à l'augmentation radiale du champ. Les lunettes optiques sont

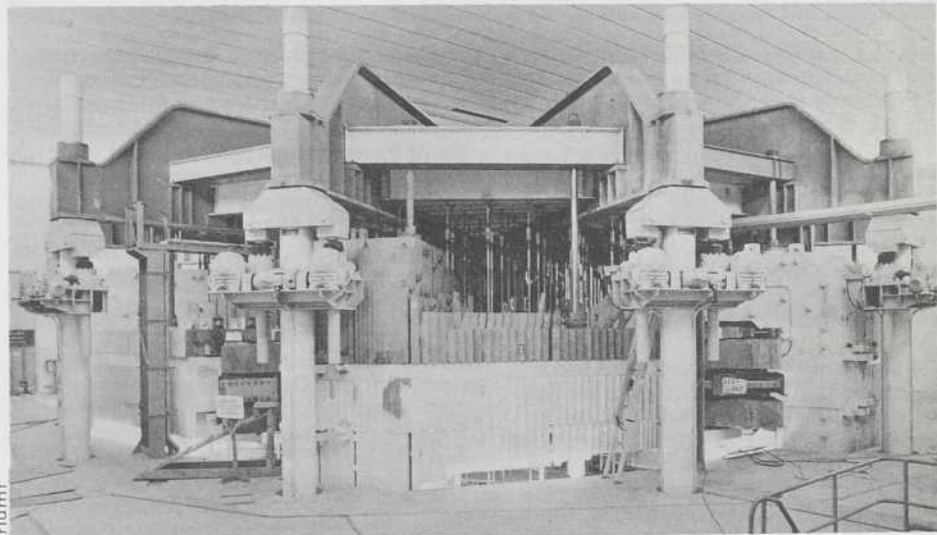
construites d'après ce principe qui fait qu'une série de lentilles focalisantes et défocalisantes alternées, placées de la bonne façon, produisent un effet total focalisant. Dans le système optique, l'effet focalisant final est attribuable au fait que les bords des lentilles modifient plus efficacement les trajectoires des rayons lumineux que leur centre. Comme le rayonnement traverse les bords des lentilles focalisantes et le centre des lentilles défocalisantes, la focalisation l'emporte.

Avec le cyclotron Triumf, l'aimant comprend six secteurs. La particule  $H^-$  traverse donc six **montagnes** de lignes de champ magnétique (concentrations de lignes de champ) et six **vallées** (régions de faible intensité magnétique). Au lieu de décrire un cercle parfait, elle dessine un hexagone dont les coins arrondis se trouvent dans les montagnes de champ magnétique. C'est tout comme si elle recevait six brutales poussées vers le centre à chaque révolution. Or, le fait de se rapprocher du centre dans une région où l'intensité du champ magnétique va décroissant comprime le faisceau dans le plan vertical. De même, le paquet d'ions  $H^-$  se trouve encore serré sur lui-même

### COLLE NUCLÉAIRE INC.

Plusieurs caractéristiques font de l'accélérateur Triumf une machine unique au monde. Sa très grande taille n'est pas la moindre. Il a fallu laisser les protons décrire des cercles à large rayon parce que la puissance du champ magnétique a été limitée à 5 700 gauss. Les techniques modernes permettent de construire de gros aimants, trois fois plus puissants, mais leur champ aurait arraché l'électron supplémentaire qu'on ajoute aux atomes d'hydrogène pour leur permettre d'être accélérés.

L'accélérateur produit tout de même des protons, de charge positive, parce que le faisceau traverse une mince feuille métallique à la sortie où l'hydrogène  $H^-$  se fait arracher ses deux électrons. Ceci permet d'extraire le faisceau sans avoir recours à des systèmes de guidage électrique et magnétique compliqués. Le champ magnétique garde prisonnier les ions négatifs, mais expulse hors de l'appareil tout proton positif. De plus, la feuille métallique se place à des distances variables à partir du centre de sorte qu'il est possible d'obtenir des protons de différentes éner-



lorsqu'il traverse la zone d'intensité croissante du champ magnétique parce qu'ils s'éloignent alors du centre du cyclotron.

Pour ne perdre aucune des précieuses particules, les physiciens taillent aussi les bras du champ magnétique en spirales, ce qui ajoute un autre effet de focalisation. Ils biaisent aussi légèrement la force des vallées et des montagnes de champ magnétique, en faveur de ces dernières. Le champ magnétique d'un cyclotron comme Triumf devient une sorte de sculpture digne d'un Michel Ange. Les particules accélérées circulent dans une véritable camisole de force magnétique qui guide jusqu'à dix pour cent des particules injectées au centre jusqu'à l'énergie terminale de 500 MeV. La plupart des pertes sont attribuables à des collisions avec les gaz résiduels qui n'ont pu être évacués des «D» par les pompes à vide.

▲ INSTRUMENT DE LABORATOIRE — Voici l'allure finale du cyclotron Triumf juste avant qu'il soit caché par des milliers de tonnes de blindage anti-radiations, en janvier 1973. L'intensité du faisceau est telle que s'il advenait à frapper accidentellement une pièce de l'accélérateur, il y aurait un dégagement local de neutrons aussi intense que près d'un réacteur nucléaire.

## FICHE TECHNIQUE DU CYCLOTRON TRIUMF

Énergie	de 150 à 500 MeV
Ions accélérés	hydrogènes négatifs
Rayon de la machine	7,8 mètres
Distance parcourue par les ions	50 km
Faisceau primaire	protons
Faisceaux secondaires	muons, pions et protons
Coût	33 mégadollars

gies. La quantité d'énergie est en effet tout simplement obtenue en multipliant le double de la tension du champ électrique par le nombre de tours.

Triumf produira une quantité de protons record, entre  $10^{15}$  et  $10^{16}$  protons par seconde, soit un courant électrique de 100 microampères. Pourtant, dans le milieu des physiciens, on n'appelle pas Triumf la machine à protons, mais l'«usine à mésons».

Ces particules sont produites en masse lorsque le faisceau de protons vient frapper une cible spéciale. Avec Triumf, l'intensité du faisceau primaire (protons) est telle que le faisceau secondaire (mésons) se compare au faisceau de protons des anciens cyclotrons. Jamais les physiciens n'auront disposé d'une source de mésons aussi intense. Ce sont ces particules, surnommées «colle» ou «ciment nucléaire», qui les intéressent surtout. Elles suscitent aussi l'intérêt des médecins puisqu'on prévoit utiliser l'énergie des mésons pour détruire les tumeurs cancéreuses.

### LE NOYAU DIT «CHEESE»

Aujourd'hui, tout le monde sait que la matière est faite d'atomes. Quant à ces derniers, ils se composent d'un noyau fait de nucléons, les protons et les neutrons, autour desquels orbitent les électrons. Des dizaines d'autres particules sont apparues sous les chocs fracassants des particules à hautes énergies. Les mésons forment l'une de ces familles de particules.

On sait maintenant qu'ils constituent la force nucléaire forte qui empêche le noyau

d'éclater par répulsion des protons entre eux. Les protons échangent continuellement des mésons entre eux pour se maintenir ensemble. Les champs de force ont toujours revêtu une sorte d'odeur de sorcellerie pour les physiciens modernes. Ils préfèrent montrer du doigt quelque chose de concret. Le champ nucléaire a donc été sacrifié au profit d'un perpétuel échange de mésons entre nucléons.

Il y a par ailleurs plusieurs sortes de mésons. Le méson agent stabilisateur du noyau, s'appelle méson-pi, ou tout simplement «pion». Dans le noyau, les pions disparaissent et apparaissent sans cesse. Expulsé du noyau, le pion n'existe que pendant une millionième de seconde avant de se décomposer en un électron et un neutrino, une mystérieuse particule sans charge électrique et sans masse. Associé à un proton, par contre, le pion négatif forme un système stable à charge totale nulle qu'on connaît bien, le neutron.

Les puissants faisceaux secondaires de pions seront utilisés à Vancouver pour photographier le noyau de façon très précise. Le sondage du noyau par protons de haute énergie complique les travaux des physiciens car ils traînent toujours avec eux quelques lambeaux mésoniques. Le portrait nucléaire obtenu doit être conçu en démêlant les effets dus à la matière nucléonique pure (proton) et à la colle nucléaire (méson). En faisant interagir des mésons purs avec les noyaux, on obtiendra une nouvelle image «simplifiée» du noyau sans avoir à tenir compte des interactions entre les nucléons projetiles et les nucléons des noyaux observés.

Une autre sorte de mésons sera fabriquée en grande quantité par l'accélérateur de

Vancouver, le méson-mu, ou «muon». Cette particule est aussi fort utile pour explorer le noyau puisqu'elle est uniquement sensible aux forces électriques des protons et non aux interactions nucléaires fortes (causées par les pions). La seule propriété qui différencie le muon négatif de l'électron est sa masse, 200 fois plus élevée. Il s'agit d'un gros électron. Ce déguisement lui fait facilement remplacer l'électron d'un atome. Or, comme l'orbite d'une particule négative autour du noyau est plus rapprochée si sa masse est grande, le muon capturé descend rapidement vers le cœur de l'atome. Il se stabilise, quelques fractions de seconde, sur une orbite 200 fois plus proche du noyau que le plus près de ses électrons. Aussi près du noyau, le muon fait ressortir les irrégularités de la surface nucléaire, la distribution des charges, par exemple.

### DES ATOMES MÉSONIQUES

Parfois, le muon va orbiter à l'intérieur même des noyaux d'atomes lourds! Ceci est possible parce que les nucléons se déplacent très rapidement à l'intérieur du noyau de sorte que leur section devient très petite. Le vide qui les sépare permet alors au muon de se faufiler à l'intérieur d'une matière des milliards de milliards de fois plus dense que le plomb.

Finalement, l'atome mésonique éclate, la plupart du temps avant même que le muon puisse orbiter à l'intérieur de son noyau. Généralement, le muon coule rapidement vers le noyau en cédant son énergie sous forme de rayons X. Au terme de sa course, il entre en collision avec le noyau qu'il gonfle d'énergie. Ce dernier retrouve son état normal en libérant une gerbe de rayons gamma et, parfois, un neutron.

L'explosion des atomes mésoniques pourrait être très utile dans le traitement du cancer. Les constructeurs de Triumf ont d'ailleurs réservé une salle pour l'Institut du Cancer de Colombie-Britannique. Contrairement aux rayons gamma des bombes au cobalt, qui traversent et endommagent les tissus sains avant d'atteindre la tumeur, le méson ne laisse pas de trace. Il est d'abord ralenti par les électrons des atomes. Puis, il libère presque toute son énergie seulement une fois rendu au terme de sa course. Comme la longueur de sa trajectoire libre peut être ajustée en variant son énergie, la radiothérapie du cancer serait singulièrement raffinée.

Par ailleurs, un électron peut orbiter autour d'un muon positif pour former un des atomes les plus simples qui soit. Cet atome exotique, appelé «muonium», peut même s'associer avec d'autres atomes pour former des molécules. Cette chimie sera étudiée par l'équipe de Triumf.

L'Ouest canadien ne disposant pas encore de réacteur nucléaire, le grand cyclotron sera aussi la seule source locale de protons

capables de fabriquer des atomes radioactifs industriels à vie très brève.

Enfin, le faisceau de protons peut rendre radioactifs les atomes ordinaires d'un échantillon d'intérêt pour les forces policières ou pour les écologistes. Il oblige ainsi des atomes à émettre des radiations gamma caractéristiques. Celles-ci sont de véritables empreintes digitales atomiques. La technique d'activation nucléaire a déjà permis, en laboratoire, d'identifier la marque des cartouches utilisées par un tireur au revolver, à partir des traces de poudre recueillies sur ses mains.

Le premier objectif du grand accélérateur canadien demeure tout de même la recherche de la connaissance pour la connaissance.

ce. Ses administrateurs sont présentement à discuter d'un programme de financement annuel de six à sept millions de dollars avec le gouvernement fédéral. «Le climat actuel se prête difficilement à ce genre de négociations», admet M. J.J. Bergeron, ingénieur en chef du projet. Les porte-parole du gouvernement fédéral ont quand même souvent répété qu'en mettant l'accent sur la recherche appliquée, le gouvernement ne réduirait pas les fonds de la recherche pure. Le genre de soutien que se méritera l'accélérateur des provinces de l'Ouest constitue un test d'envergure pour ses intentions. ●



## Conseil national de recherches Canada

## National Research Council Canada

### POSTES D'ATTACHÉS DE RECHERCHE 1975

À partir du 1er avril 1975, le Conseil national de recherches du Canada offrira des postes d'attachés de recherche dans ses laboratoires. Ces postes d'attachés de recherche sont destinés à donner à des jeunes scientifiques et ingénieurs qui promettent une chance de relever le défi des problèmes de recherche dans des domaines qui préoccupent le C.N.R.C.; ces postes constitueraient une étape dans leur carrière de chercheurs.

Les candidats doivent détenir au moins un doctorat ès Sciences (Ph.D.), ou une maîtrise dans un des domaines du génie (c'est-à-dire des techniques), ou être sur le point d'obtenir un de ces diplômes avant d'obtenir le poste. Pour la sélection des candidats et pour le prolongement éventuel de l'emploi, on se basera surtout sur la capacité démontrée du candidat à effectuer des travaux de recherche originaux et de grande qualité dans le domaine choisi.

Alors que la préférence sera donnée aux Canadiens, les postes d'attachés de recherche sont ouverts aux citoyens d'autres pays. Les candidats acceptés doivent satisfaire aux exigences de séjour au Canada.

pour des recherches en science et en génie, dans les laboratoires du CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA énumérés ci-dessous:

- Laboratoire régional de l'Atlantique
- Division des sciences biologiques
- Division des recherches en bâtiment
- Division de chimie
- Division de génie mécanique
- Établissement aéronautique national
- Division de physique
- Laboratoire régional des Prairies
- Division de radiotechnique et de génie électrique

Les attachés de recherche se verront offrir des salaires et des avantages comparables à ceux dont jouissent présentement les membres permanents du personnel du Conseil national de recherches.

La nomination initiale sera d'un an et elle pourra être renouvelée périodiquement jusqu'à une durée totale de 5 ans.

Le coût du voyage entre l'endroit où réside l'attaché de recherche au moment de sa désignation et le laboratoire où il travaillera fera l'objet d'une indemnité. Le bénéficiaire recevra une indemnité semblable pour son voyage de retour à la fin de son emploi.

Il faut poser sa candidature en utilisant les formulaires spéciaux qui sont diffusés pour le Bureau des attachés de recherche, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa, Canada, K1A 0R6. Les candidatures et les documents à l'appui doivent parvenir à Ottawa le **15 janvier 1975** au plus tard.

# Le cerveau, un casse-tête

Dans plusieurs siècles d'ici, l'homme s'étonnera peut-être du fait que ses ancêtres aient percé tant de lois de l'univers avant de connaître un tant soit peu leur instrument de recherche et de réflexion: le cerveau... Mais aujourd'hui, le cerveau est le sujet d'importantes recherches et parmi les plus fascinantes de l'heure. Le Québec s'y fera peut-être une place de choix.

par Georgette Goupil

Le cerveau a pour mission de rafraîchir le sang échauffé qui le traverse. Cet énoncé fit force de vérité pendant des centaines d'années, puisque c'était là l'opinion d'Aristote, le plus célèbre penseur grec, détenteur absolu de la vérité. Ce n'est qu'aux XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles que les savants accordèrent à cet organe la place qui lui revient.

Si de tout temps l'homme avait poursuivi sa quête du siège de la vie et de la pensée, bien d'autres organes se partagèrent la place d'honneur. Le cœur d'abord, qu'il suffisait de transpercer pour entraîner la mort. Puis ce fut le poumon, puisque la vie ne se maintenait pas, lorsque l'homme cessait de respirer. Aussi n'est-il pas surprenant de constater que le mot «souffle» eut tôt fait de prendre la signification d'âme. Mais pour les devins, le foie était le siège de la vie et des émotions: c'était dans le foie des victimes qu'il fallait chercher signes et présages.

Au XVII<sup>e</sup> siècle, Descartes décrit les esprits animaux, ces parties de sang rendues très subtiles par la chaleur du corps et qui circulent dans des tuyaux imperceptibles (les nerfs) reliés aux organes des sens, au foie, et au cœur, depuis le cerveau. Il ajoute même que l'âme de l'homme est en relation avec son cerveau par l'intermédiaire de la glande pinéale, située en son centre.

Depuis Descartes bien sûr, le chemin parcouru par les chercheurs est impressionnant. Mais les progrès réalisés n'apparaissent que comme des minuscules îlots de connaissances, souvent imprécises. Si Pascal parlait déjà, à l'époque des premiers balbutiements de la science exacte, de l'homme «flottant entre deux infinis: l'infiniment grand et l'infiniment petit»,

la quête du second semble avoir été moins rapide. L'homme marche sur la lune et explore de nouvelles planètes, mais il ignore encore les mystères de la cellule. S'il sait aujourd'hui que son affectivité, ses actions et ses pensées sont régies par son cerveau, il a encore tout à découvrir de cet organe situé dans sa boîte crânienne.

## PAS UN ORDINATEUR

Le cerveau est doté de deux types de cellules: les neurones et les cellules de la névroglie (tissu conjonctif situé entre les neurones). Chez l'homme, le nombre des neurones atteint un ordre de grandeur de  $10^{10}$  (le chiffre 1 suivi de dix zéros, ou dix milliards), dont la plupart se situent dans le cortex cérébral.

Une des tendances actuelles est de comparer grosso modo le cerveau à un ordinateur extrêmement miniaturisé, simple instrument de traitement de l'information en vue de contrôler le comportement. Dans chaque cas, le cerveau recueillerait l'information de ses terminaux (les sens), analyserait la meilleure réponse à donner, puis informerait l'organisme de l'action qu'il a à faire.

Comme dans les ordinateurs, la complexité du système nerveux réside dans la richesse des interconnexions entre des éléments simples aux propriétés bien définies. Toute information provenant des sens ne deviendra «consciente» que lorsque l'influx nerveux atteint telle ou telle région bien déterminée de l'écorce cérébrale (cortex). Déjà en 1861, le chirurgien français Paul Broca, à la suite de nombreuses autopsies, découvre que l'aphasie (incapacité de former des mots, ou de comprendre la parole) est associée à certaines altérations de la troisième

circonvolution frontale, appelée depuis ce jour «aire de Broca». D'autres recherches en ce sens ont par la suite permis de déterminer plusieurs localisations cérébrales sensibles: aire visuelle, centre de la vue, de la parole, etc...

Mais ce n'est pas tout, pour un ordinateur, de recueillir l'information. Encore faut-il, pour qu'une réponse adéquate puisse être fournie, que le cerveau soit doté de certains «programmes», et qu'un rapprochement puisse se faire avec certaines situations passées, gardées en mémoire. Dans le cerveau humain, une grande partie du «volume cérébral» est impliquée dans les mécanismes de l'enregistrement et de l'emmagasinage de l'information. Plus un système nerveux est évolué, plus sa mémoire est riche et fidèle. Cette faculté pourrait être l'une des premières explications de la «performance cérébrale» propre à l'homme.

Mais la plus grande qualité de cette mémoire cérébrale, c'est d'être extrêmement miniaturisée. Les mécanismes biochimiques semblent y jouer un rôle primordial. Les cellules nerveuses sont particulièrement riches en RNA, acides ribonucléiques qui commandent la synthèse des protéines, et des résultats expérimentaux indiquent que des interférences dans la synthèse du RNA ou des protéines empêchent la formation de la mémoire à long terme. Un chercheur américain, Georges Ungar, de Houston, au Texas, affirme d'ailleurs être parvenu à associer certains réflexes acquis chez des souris (la peur du noir, la peur de certains sons caractéristiques), à la formation d'une molécule spécifique, baptisée scotophobine.

En outre, toute cette activité cérébrale doit être régie par certains programmes. Ces programmes dépendent en partie des

interconnexions entre les différentes régions du cerveau, mais ils sont régis, supervisés en quelque sorte, par divers noyaux, situés à la base même du cerveau. Enfin, outre l'activité nerveuse, l'ordinateur miniature a aussi pour mission de gérer l'activité hormonale de l'organisme. Voilà autant de domaines où la recherche progresse pas à pas. Quoique l'on puisse difficilement associer à tel ou tel chercheur une découverte majeure, la contribution de chaque équipe permet de mieux connaître le fonctionnement général du cerveau. Et dans cette lente progression, le Québec a désormais sa place de choix.

## LE MUR DE LA DOULEUR

Mais procédons par ordre. Nous avons dit que la première fonction du cerveau était de recueillir les informations provenant des sens. L'équipe du docteur Rémi Bouchard, de l'Hôpital de l'Enfant Jésus à Québec, se penche de manière particulière sur un type de sensations ainsi acheminées au cerveau: la douleur.

Si la création de cet appareil ne revient pas à l'équipe québécoise, c'est plutôt l'étude de l'aptitude à recevoir cet appareil qui nécessite des recherches prudentes. Les critères de sélection pour une telle opération sont très sévères, en vue d'établir un «quotient douleur» propre au patient. Il faut en effet que la cause de cette douleur soit chronique, mais qu'en outre le climat psychologique soit favorable (que le patient comprenne bien la chirurgie, l'accepte, que l'arsenal thérapeutique non narcotique soit épuisé, et que le patient n'ait pas de gains secondaires qui puissent inconsciemment entretenir sa douleur). Jusqu'à ce jour, il semble que le traitement par neuro-stimulateur soit encourageant, selon les résultats accomplis tant à Québec qu'ailleurs (au point que la firme Medtronic songe déjà à commercialiser cet appareil sur une grande échelle).

Résultat fort encourageant certes pour une équipe médicale, pour ce qu'il offre comme possibilités de traitement. Mais nous sommes loin encore de l'ultime idéal qui constituerait non pas à empêcher la transmission de certaines sensations, mais au contraire de connaître assez bien les mécanismes de transmission pour parvenir à créer de toutes pièces des sensations, en agissant directement sur les nerfs.

## LA «MALADIE SACRÉE»

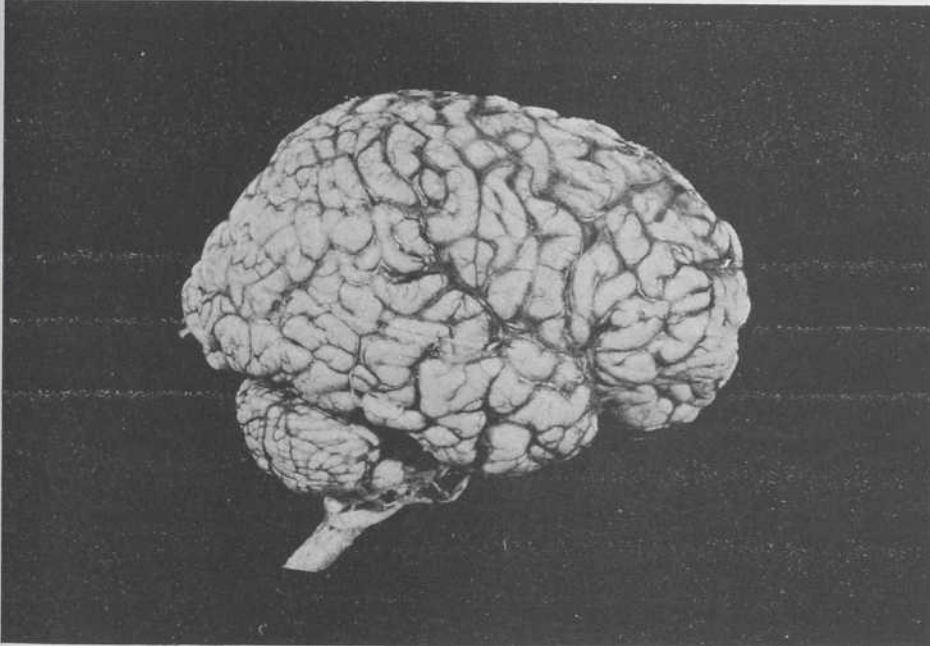
En l'absence de «terminaux» sensitifs, l'ordinateur central de la boîte crânienne fonctionnerait sans doute à vide. Mais c'est quand même dans le cerveau lui-même que réside la partie la plus importante de la «gestion» de l'organisme. Ici sont acheminées simultanément des centaines et des centaines d'impulsions nerveuses, aussitôt mises en relation les unes avec les autres, en fonction des données mémorisées.

Les dix milliards de cellules du cortex subissent des modifications chimiques et électriques continues. Le cerveau est sans cesse soumis à des modifications de potentiel électrique. Dès 1875, l'Anglais Caton applique des électrodes sur le cerveau d'un lapin et détecte ainsi l'existence de courants électriques internes très faibles. En 1924, Berger enregistre ces courants de manière continue chez l'homme, à l'aide d'un galvanomètre. L'électroencéphalographie (EEG) est née, comme technique d'étude des modifications du potentiel électrique du cortex.

Ces modifications permanentes, elles se manifestent par quatre types d'ondes, dont le tracé se modifie selon l'état de veille ou de sommeil de la personne. Par exemple, certains tracés apparaissent spécifiquement lorsque le sujet rêve.

Lorsque les électrodes sont appliquées sur le crâne pour enregistrer un EEG, on peut obtenir 16 tracés différents. L'interprétation des anomalies dans le comportement de chacun de ces tracés permet

dr thibeault



▲ À L'INTÉRIEUR DE NOTRE TÊTE — Un cerveau normal représente environ un cinquième du volume du corps d'un adulte et pèse en moyenne 1 200 à 1 400 grammes. Lorsqu'on le retire de la boîte crânienne, il est recouvert de membranes, les méninges, qui sont parcourues de vaisseaux sanguins. Des vallées (scissures) et des montagnes (circonvolutions) sillonnent la surface de l'organe de la pensée.

Manifestation trop aiguë d'une sensation, la douleur ne devient de toutes façons consciente qu'au niveau du cerveau. Il apparaît donc tentant d'interférer au processus d'acheminement de la sensation, et d'empêcher ainsi la douleur d'être ressentie, lorsqu'il est impossible d'en supprimer la cause (dans le cas de certaines hernies discales, pour ne citer qu'un exemple). Or on a bien vite identifié les échanges électrochimiques au niveau des neurones comme véhicules des sensations. C'est ainsi que des chercheurs ont mis au point un «neuro-stimulateur», appareil qui peut être appliqué sur la moelle épinière, pour lui transmettre un influx électrique non perceptible, mais suffisant à bloquer la transmission normale de la douleur.

d'identifier un grand nombre de troubles, voire même d'en situer assez précisément la localisation. Mais ce travail nécessite beaucoup de temps et d'attention. L'équipe du docteur Pierre Gloor, de l'Institut neurologique de Montréal, s'est orientée entre autres vers l'interprétation des EEG à l'aide de l'ordinateur (PDP 12), lequel parvient dans certains cas à concentrer l'information diagnostique d'un tracé EEG en la présentant rapidement d'une façon graphique et précise.

L'ordinateur analyse la fréquence de chaque canal, et fait une moyenne des différents spectres de fréquence sur un temps de 40 secondes. Dans un tracé d'EEG normal, lorsque la personne est éveillée, il y a très peu d'ondes lentes. Toutefois, en cas de lésion, l'activité rapide diminue aux alentours de cette dernière. En comparant les moyennes des différentes fréquences, pour les 16 canaux, l'ordinateur parvient à détecter en quelques secondes les régions du cerveau où la proportion des ondes lentes paraît trop élevée.

Parmi les troubles caractéristiques de l'activité électrochimique cérébrale, le plus célèbre est sans doute celui qui affecta (et faillit ruiner la carrière) d'hommes aussi illustres que César, ou Dostoïevski: la «maladie sacrée» (haut mal, au Québec), ou plus exactement l'épilepsie. C'est en quelque sorte un court-circuit, dans l'ordinateur. Une décharge électrique (souvent assez forte) sans qu'une sensation ait précédemment sollicité cet échange entre les cellules. L'utilisation de l'EEG pourrait s'avérer très utile pour localiser le foyer épileptique, chez un patient atteint de ce trouble.

Malheureusement, il faut souvent attendre fort longtemps avant d'enregistrer (sous forme d'ondes pointues, rapides et de grande amplitude) une crise épileptique coïncidant avec la prise des EEG. À l'Institut neurologique de Montréal, M. Ives, ingénieur en biomédecine, a perfectionné l'utilisation d'un petit magnétophone portable, relié à des électrodes cachées dans la chevelure, et qui permet d'établir un EEG sommaire à quatre canaux. Le malade peut ainsi vaquer à ses occupations quotidiennes, assuré qu'à la première crise, un grand progrès sera fait dans la localisation du «court-circuit» et dans l'évaluation de l'efficacité des médicaments qui lui sont administrés.

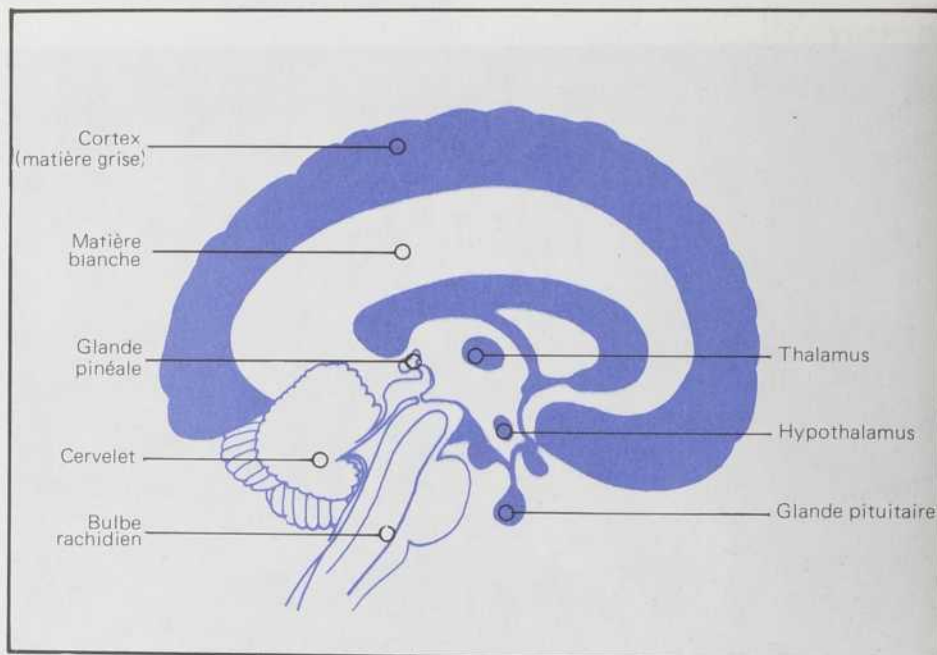
## UN SINGE À LONDRES

Nous l'avons déjà dit, les mécanismes biochimiques sont à la base même du fonctionnement cérébral. Des travaux menés par l'équipe du Dr Van Gelder, du Centre de recherches en sciences neurologiques de l'Université de Montréal, ont ainsi permis d'identifier le rôle du GABA, comme agent inhibiteur de l'activité cérébrale, passible de devenir une arme efficace contre l'épilepsie. Malheureusement, le cerveau est extrêmement habile dans la surveillance des intrus chimiques, et il ne

se laisse pas aussi facilement imprégner de substances aptes à modifier son comportement. Le Dr Buu, de la même équipe, se penchait déjà il y a quelques années sur la difficile mise au point de molécules chimiques «analogues», susceptibles d'avoir le même effet régulateur, tout en trompant la vigilance de l'organe.

Un problème identique s'est posé aux chercheurs qui tentaient d'expliquer la maladie de Parkinson, et d'en établir un éventuel traitement chimique. Les symptômes de cette maladie sont caractéristiques: spasmes musculaires involontaires (la tête et les mains sont agitées de mouvements constants); akinésie (certains muscles perdent toute activité); rigidité (la marche est raide, et les bras ne se balancent pas au rythme du pas).

On a depuis un certain temps associé cette maladie à une déficience en dopamine, une substance responsable du maintien de l'activité psycho-motrice normale. Actuellement, beaucoup de patients sont soignés



à l'aide d'une substance appelée L-DOPA (ou plutôt ses précurseurs, car encore là, on ne peut acheminer directement, par échanges sanguins, cette substance aux différentes régions cérébrales qui en ont besoin). Il ne faut pas croire pour autant que les vieillards sont désormais à l'abri de ce trouble. En fait, ce médicament corrige l'akinésie et la rigidité, mais difficilement le tremblement.

Ce succès plus que partiel permet donc de saisir l'importance renouvelée de recherches sur des modèles expérimentaux, pour soutenir et parachever les actuels succès cliniques. Ainsi, alors que le Centre de recherches en sciences neurologiques s'est penché activement sur les mécanismes de synthèse, la localisation et la libération de la dopamine (afin d'établir éventuellement une «cause première» à la maladie

### ► UNE PERTE DE POIDS INQUIÉTANTE —

La démence s'accompagne de modifications caractéristiques du cerveau. Celui-ci subit une perte de poids très marquée. Ainsi le cerveau de droite, normal, pèse environ 1 200 grammes tandis que le cerveau de gauche qui provient d'une personne ayant souffert de démence, ne pèse plus que 860 grammes.

▼ ANATOMIE DU CERVEAU — Une coupe transversale montre les différentes parties du cerveau. Le cortex recouvre cet organe. Extérieurement le cerveau a plus ou moins l'air d'une carte géographique en trois dimensions sillonnée de vallées (scissures) et de montagnes (circonvolution). Le cerveau se divise en deux parties (l'hémisphère gauche et l'hémisphère droit), chacune recouverte de matière grise (le cortex) et ayant au centre une masse de matière blanche. Les fonctions telles l'intelligence et la mémoire dépendent du cerveau. Le thalamus est le centre d'enregistrement de multiples sensations. L'hypothalamus contrôle le cœur, la sécrétion des hormones, la faim et la soif.

de Parkinson), l'équipe du Dr Louis Poirier, de l'Université Laval, a fait porter son effort sur la perturbation expérimentale de ces mécanismes, au point d'induire en laboratoire tous les symptômes du parkinson, chez le singe.

Résultat impressionnant semble-t-il, puisque le singe parkinsonien a depuis reçu des invitations, notamment pour participer à titre de démonstration à une rencontre scientifique à Londres!

## IL Y A DES CERVEAUX HEUREUX

Mais à passer ainsi en revue les différents troubles sur lesquels se penchent chercheurs et cliniciens, on finit par croire qu'il n'existe plus le moindre cerveau qui

ne soit affecté d'au moins une de ces déficiences. Et pourtant, pour la majorité d'entre vous (surtout si vous vous êtes rendus à ce stade de l'article), il faut bien admettre que l'ensemble fonctionne bien.

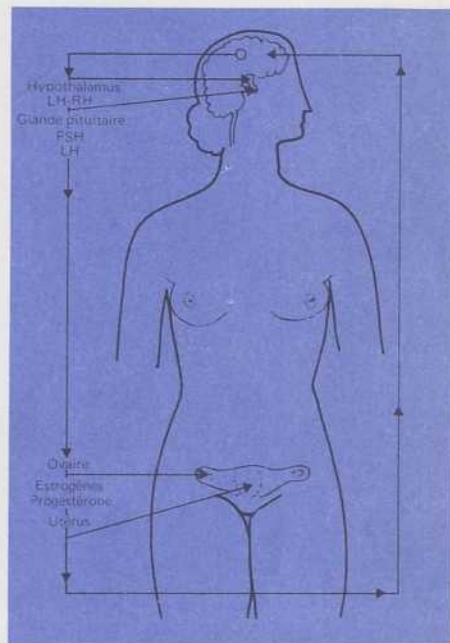
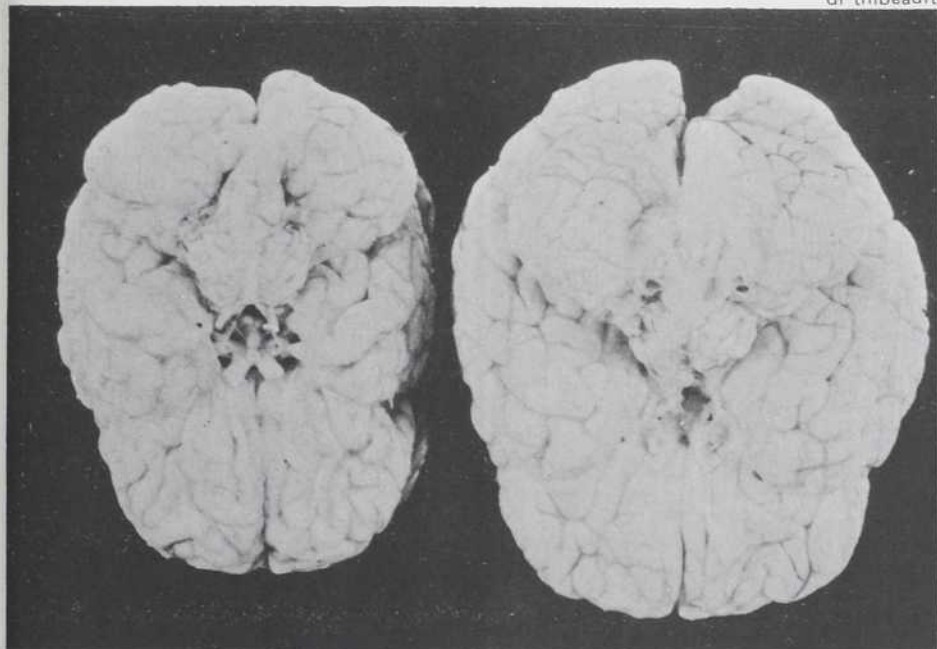
C'est que le cerveau est doté de nombreux systèmes régulateurs. Prenons le cas de la motricité, par exemple. Ayant reçu une sensation de soif, et ayant «décidé» que la meilleure réponse était de boire de l'eau, le cerveau «commande» des gestes. Nous commençons le mouvement au moment voulu, et l'arrêtons à l'instant désiré. L'influx nerveux qui détermine ces mouvements prend naissance dans le cerveau.

L'observation des troubles de motricité a permis de connaître les localisations cérébrales motrices, tout comme on avait identifié les localisations sensitives. Les fibres nerveuses qui partent de l'aire motrice se rassemblent en un faisceau (appelé faisceau pyramidal), traversent

cas du parkinson), ce qui lui vaut aussi le nom de «système striopallidal».

Mais le difficile contrôle de l'activité cérébrale nécessite bien d'autres mécanismes régulateurs, ayant siège dans le cervelet, ou (et c'est particulièrement vrai dans le cas du contrôle des émotions) dans le système glandulaire que l'on retrouve à la base de la structure cérébrale. Car il faut se rappeler que si les nerfs jouent un rôle essentiel dans la transmission des informations sensorielles, et la réponse subséquente de l'organisme, ainsi que dans le contrôle constant des activités inconscientes (régulation du débit sanguin, battements du cœur, etc.), les vaisseaux sanguins sont aussi porteurs de messages chimiques déterminants pour la survie de l'organisme. Le cerveau ne pourrait guère prétendre être le maître absolu, s'il n'était aussi le siège des glandes supervisant cette activité chimique.

dr thibeault



l'encéphale, et se continuent dans la moelle épinière (colonne vertébrale). Des échanges d'informations, sous forme d'impulsions électro-chimiques doivent nécessairement avoir lieu constamment, entre les aires sensitives et l'aire motrice, pour informer cette dernière du déroulement du geste «commandé».

Cependant, en plus des fibres pyramidales, d'autres fibres agissent aussi sur la motricité, en dehors du cortex lui-même. Ce sont les fibres dites extra-pyramidales, formant un système de noyaux, situés à la base du cerveau. C'est ce système qui donne la perfection à nos mouvements, et régularise l'activité motrice. Les centres principaux de ce système sont représentés par le pallidum et le striatum (où agit en fait la dopamine, dont il fut question dans le

**LE CERVEAU CONTRACEPTIF**

L'hypophyse, située sous l'encéphale, se divise en trois parties, soient l'adénohypophyse, qui en constitue 90% du volume, la neurohypophyse et le lobe intermédiaire. C'est au niveau de la première que sont secrétées les six hormones maîtresses du fonctionnement des autres glandes de l'organisme: la TSH agissant sur la thyroïde; la LH et la FSH agissant sur les ovaires, ou les testicules; l'ACTH stimulant l'activité cortico-surrénale; la GH dont le rôle concerne la croissance de l'organisme, et la PRL, agissant sur les glandes mammaires.

Mais qui donc déterminera la quantité de chacune de ces hormones que l'hypophyse devra sécréter? C'est ainsi que la «reine de l'organisme» a à son tour besoin du

contrôle d'une autre glande: l'hypothalamus. Le Groupe de recherches en endocrinologie moléculaire du Centre hospitalier de l'Université Laval (CHUL) a d'ailleurs reçu l'année dernière une importante subvention (1 500 000 dollars en cinq ans) pour étudier les mécanismes d'action des hormones de l'hypothalamus, qui vont agir dans l'adénohypophyse.

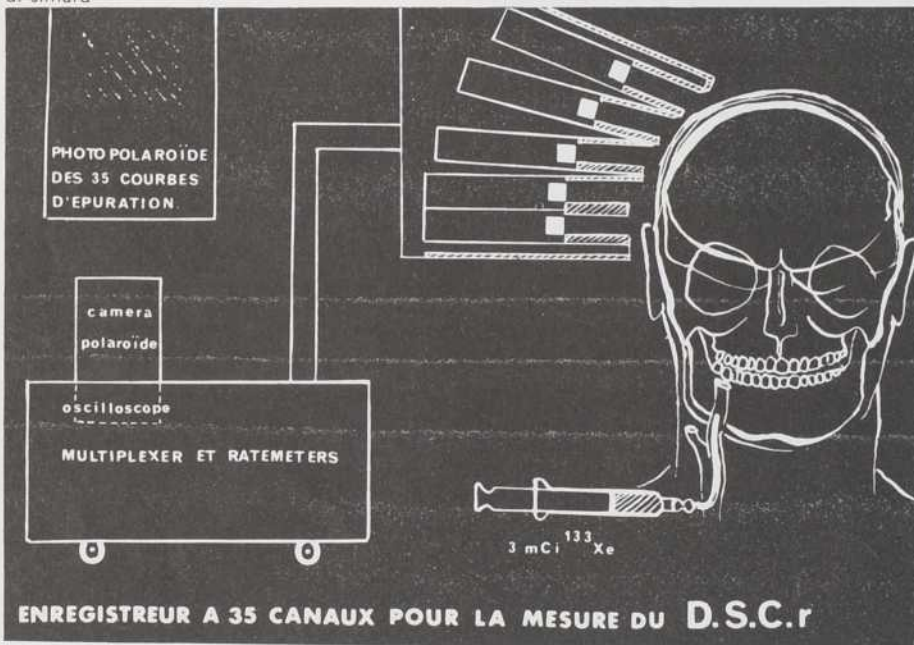
Chaque hormone de l'hypophyse serait contrôlée par une ou deux hormones de l'hypothalamus. La communication se ferait par un système porte: un vaisseau regroupe un ensemble de capillaires au niveau de l'hypothalamus, puis se subdivise à nouveau en capillaires pour libérer les hormones au niveau de l'hypophyse, un peu à la manière d'un réseau postal entre deux villages (les citoyens du premier jettent individuellement leurs lettres dans des boîtes spécifiques, mais le courrier est acheminé en groupe, puis redistribué au second village). Le travail du CHUL porte à la fois sur les mécanismes de sécrétion de ces substances reliant les

▲LE CERVEAU ET LA REPRODUCTION — Le cerveau agit aussi au niveau des glandes sexuelles. Chez la femme, il entrera en interaction avec les glandes endocrines, l'hypophyse (appelée aussi glande pituitaire) et les ovaires, pour conduire à l'ovulation et à l'implantation de l'ovule dans l'utérus. Après stimulation par le cerveau, l'hypothalamus libère une hormone, la LH-RH, qui amènera l'adénohypophyse (une partie de la glande pituitaire) à sécréter deux autres hormones, LH et FSH. Ces dernières induiront la maturation de l'ovule ainsi que la production de progestérone et d'estrogènes qui sont nécessaires à la préparation de la paroi de l'utérus où s'implantera l'ovule fécondé. Ces hormones, LH-RH, LH et FSH, se forment aussi chez l'homme où elles jouent un rôle dans la production des hormones sexuelles mâles et du sperme.

deux glandes cérébrales, ainsi que sur l'action spécifique de chacune de ces substances au niveau de l'hypophyse.

Parmi les problèmes que pourrait solutionner éventuellement cette recherche fondamentale, le docteur Labrie mentionne ceux de la fertilité; 15% à 35% des cas d'infertilité chez la femme sont dus à une absence d'ovulation. Examinons comment se produit cette ovulation: au milieu du cycle menstruel, des stimuli cérébraux causent la sécrétion d'une hormone (LH-RH) qui déclenche à son tour au niveau de l'adénohypophyse la sécrétion de deux hormones (LH et FSH) responsables de l'ovulation et du déclenchement des mécanismes permettant l'implantation de l'œuf dans l'utérus. L'administration de LH-RH et l'observation subséquente de la production hormonale permettraient de diagnostiquer si l'hypophyse remplit bien son rôle. Éventuellement, la disponibilité de LH-RH synthétique (10 à 30 fois plus efficace que l'hormone naturelle) autoriserait l'espoir de traiter avec succès

dr simard



les infertilités dues à un défaut de fonctionnement de l'hypothalamus.

Ce qui amène les chercheurs à inverser la proposition: le contrôle de la fertilité implique aussi celui de l'infertilité. L'équipe du Dr Fernand Labrie travaille actuellement à obtenir une substance analogue à la LH-RH, mais susceptible d'inhiber l'ovulation, dans l'espoir de développer ainsi une méthode de contraception exempte des effets secondaires entraînés par la pilule.

## POURQUOI, LA DÉMENGE?

Peu à peu, l'image du cerveau, comme superordinateur, s'efface, pour faire place à une image plus complexe, où jouent à la fois des facteurs chimiques, électriques

et hormonaux, le tout baignant dans un flot de sang... Rien de comparable avec les machines bien astiquées de nos centres d'informatique.

Car il faut se rappeler que le cerveau, qui ne compte que pour un cinquantième du volume du corps de l'adulte, utilise un quart de la quantité d'oxygène requise par l'organisme au repos. La circulation sanguine y joue donc un rôle important, et les mécanismes de régulation du débit y sont plus efficaces que pour tout autre organe du corps.

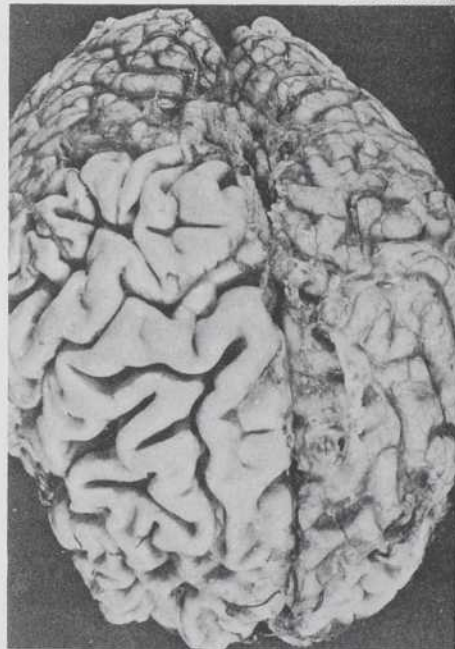
Il est maintenant possible de mesurer le débit sanguin «régional». Cette mesure peut être réalisée à l'aide des radioisotopes, plus précisément le xénon 133. On injecte de 2 à 3 millicuries de cette substance dans l'artère carotide du patient. Or, cette substance émet des rayons gamma et permet de calculer le débit pour 35 régions du cerveau, grâce à autant de détecteurs placés à l'extérieur, c'est-à-dire près de la tête du patient. Ce calcul est

fait à partir des courbes d'élimination du xénon 133.

Le docteur Denis Simard, de l'Hôpital de l'Enfant Jésus, et ses collaborateurs ont mené une étude sur 55 cas souffrant de démence à l'aide de la mesure du débit cérébral régional. Dans tous ces cas, la réactivité des vaisseaux sanguins était normale. Ces résultats démontrent que la démence (affaiblissement global et progressif des facultés intellectuelles) n'est pas causée par un débit sanguin diminué (causé par l'artériosclérose, c'est-à-dire des dépôts dans les vaisseaux sanguins), comme on l'a souvent cru autrefois.

Il faut donc chercher ailleurs les causes de la démence qui accompagne le plus souvent la vieillesse, ce que l'on appelle couramment le «ramollissement cérébral». Et avant d'expliquer de telles défaillances de notre cortex, peut-être faudra-t-il que l'homme connaisse non seulement quelle partie du cerveau dirige quelle opération, ou comment s'effectue tel ou tel contrôle,

dr thibeault



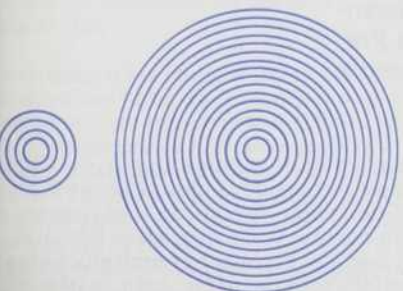
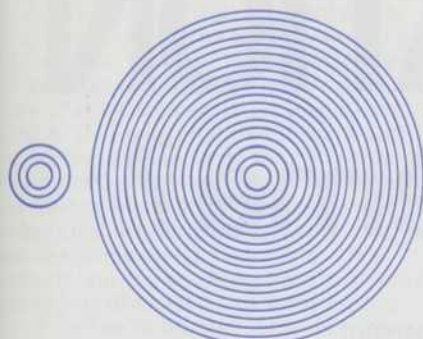
▲POUR SUIVRE LE SANG DANS LE CERVEAU — On peut mesurer le débit sanguin dans le cerveau en utilisant des radioisotopes. Le Xénon 133, injecté dans l'artère carotide, émet des rayons gamma qui traversent la boîte crânienne. Grâce à des détecteurs que l'on pourrait comparer à de petits compteurs Geiger, on peut calculer sur une période de dix minutes le débit du sang dans 35 régions du cerveau.

►UNE SURFACE ACCIDENTÉE — L'atrophie du cerveau, une conséquence de la démence, accentue les circonvolutions et les scissures qui sillonnent sa surface. Pour mieux observer ces modifications, on a retiré les méninges sur une partie du cerveau.

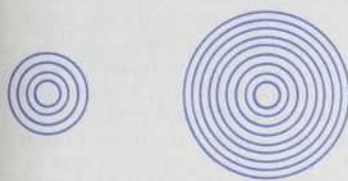
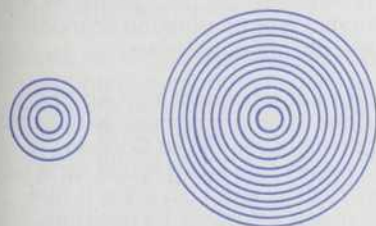
mais qu'il investisse au niveau de l'activité biochimique de chaque cellule.

Il ne faudrait pas oublier que les cellules nerveuses, toute puissantes qu'elles soient, n'en demeurent pas moins le siège des réactions communes à toute cellule vivante: respiration, nutrition, échanges chimiques et synthèse. Et c'est sans doute au niveau de cet infiniment petit, encore inaccessible, que se situent les vrais secrets de l'intelligence, et les vraies lacunes de notre connaissance du cerveau. ●

RÉGION OCCIPITALE



▲Gauche  
▼Droite



NORMALE ANORMALE

▲L'ORDINATEUR AUSCULTE LE CERVEAU  
L'activité électrique d'un cerveau normal est caractérisée par une prédominance d'ondes rapides. Ici, un ordinateur programmé par le Dr Pierre Gloor, de l'Institut neurologique de Montréal, a décelé des ondes lentes dans la région occipitale. Ces ondes indiquent probablement la présence d'une tumeur.

LE CENTRE DE RECHERCHES EN SCIENCES NEUROLOGIQUES

# Aborder le cerveau en tant qu'ensemble

Un tel article ne saurait forcément être exhaustif. D'autant moins d'ailleurs que nous avons choisi de prendre comme «guide du cerveau», les foyers de recherches propres au Québec, et que la majorité des chercheurs rencontrés, de par leur travail en hôpital, sont plus intéressés aux aspects cliniques (soin des troubles de fonctionnement du cerveau) qu'aux aspects purement fondamentaux.

Mais il serait impardonnable de passer sous silence les travaux d'une des rares équipes de chercheurs «fondamentalistes» à avoir abordé le cerveau en tant qu'ensemble, sous tous les aspects mentionnés dans le texte principal: anatomie, neuro-physiologie, électro-encéphalographie, pharmacologie, génie bio-médical, radio-autographie (étude du cerveau grâce à l'injection de substances radio-actives), neuro-psychologie, biophysique, etc...

Le Centre de recherches en sciences neurologiques (CRSN) de l'Université de Montréal n'existe officiellement que depuis 1970. Pourtant, dès 1963, la faculté de Médecine de cette institution avait créé un Laboratoire de sciences neurologiques, rattaché à son département de Physiologie, mais à vocation multidisciplinaire. En 1967, une équipe de chercheurs de ce laboratoire, sous la direction du Dr Herbert Jasper, recevait la première «subvention de groupe» du Conseil de recherche médicale du Canada. Reconduit dès son échéance de 1972 pour un nouveau terme de 5 années, ce programme aura valu aux équipes du CRSN un total dépassant \$3.3 millions, répartis sur 10 ans.

Le Centre s'intéresse aussi bien au système nerveux autonome (contrôle du rythme cardiaque, contrôle du débit sanguin, etc) qu'aux fonctions cérébrales supérieures (états de cons-

science, troubles épileptiques, transmission de l'influx nerveux, phénomène de la vision, étude de la motricité, étude des troubles du langage, simulation par ordinateur des mécanismes physiologiques, utilisation de l'ordinateur pour l'interprétation des données cliniques, etc.). Et bien sûr, pour chacun des centres d'intérêts évoqués, l'approche se veut multidisciplinaire. C'est ainsi que dans l'étude des états de conscience, l'on s'efforcera d'étudier à la fois ce qui se passe au niveau chimique (taux de libération d'acétylcholine et de certains acides aminés), au niveau électrique (étude des EEG, ainsi que du comportement électrique des principaux relais le long des voies sensitives), au niveau anatomique (étude par microscopie électronique et histofluorescence des structures riches en sérotonine ou en noradrénaline), ou enfin au niveau physiologique (étude des modes d'apprentissage, de la mémoire, des troubles dus à des traumatismes crâniens).

Avec plus d'une centaine de personnes, sous la direction d'une trentaine de chercheurs ou stagiaires post-doctoraux, le CRSN constitue pour l'instant le foyer de recherche québécois le mieux placé pour «élucider les mécanismes responsables du fonctionnement normal et pathologique du système nerveux», selon l'objectif qu'il s'est lui-même donné à sa création, il y a seulement 4 ans.

# SURPOPULATION

## un faux problème?

Limiter les naissances pour permettre le développement ou développer pour permettre la limitation des naissances? Tel est l'écueil sur lequel vient de capoter la Première Conférence Mondiale de la Population. Une seule certitude: nous serons sept milliards dans 35 ans...

par Fabien Gruhier

En 1965, selon un sondage entrepris pour le gouvernement fédéral des États-Unis (National Fertility Study), les femmes américaines de moins de 45 ans faisaient, en moyenne, l'amour 6,8 fois par mois. En 1970, ce rythme avait augmenté de 20% pour atteindre 8,2 copulations mensuelles. Dans le même temps, le nombre moyen d'enfants par femme dégringolait de 3 à 2. Tout visiteur extraterrestre se penchant sur ces chiffres ne manquerait pas d'en conclure que les humains ont décidé d'un mode de reproduction bien étrange: plus ils font l'amour et moins ils ont d'enfants! Mis au courant des statistiques indiennes, ou africaines, notre extraterrestre devrait logiquement se dire qu'en certains pays, où les taux de natalité s'avèrent au contraire de plus en plus énormes, les joies du sexe constituent sans doute un événement rarissime...

Laissons le paradoxe apparent, et entrons dans la réalité: elle n'est pas moins déconcertante pour l'extraterrestre moyen. Les pays riches, peu peuplés, ont un bas taux de natalité; les pays pauvres, ultra-peuplés, ont un taux de natalité élevé. Sachant qu'elle dispose de moyens contraceptifs variés et efficaces, le visiteur cosmique va commencer à se demander si notre espèce n'est pas carrément débile: elle peut théoriquement faire des enfants quand elle veut... et elle n'en fait que là où il y en a déjà trop!

### LA CHINE ET LE VATICAN

Mais comment un extraterrestre comprendrait-il quelque chose à un problème qui divise les terriens les mieux informés et oppose les experts? L'ONU a déclaré 1974 «Année mondiale de la population». A cette occasion, une Conférence mondiale de la population s'est réunie à Bucarest du 19 au 30 août dernier, à l'invitation du gouvernement roumain. C'était la première fois que la communauté internationale tentait d'accorder ses violons sur cette



David Van Praagh. CRDI

▲ LA FORCE DE LA JEUNESSE — Pendant que les pays occidentaux industrialisés souffrent d'un vieillissement de leur population, les pays du Tiers monde considèrent comme une richesse et comme leur plus puissant atout de libération la jeunesse de leur population.

question aussi alarmante que délicate, en convoquant une réunion politique consacrée à la population. On peut raisonnablement supposer que ce sera la dernière, du moins sous cette forme: «jamboree coûteux et inutile» selon l'hebdomadaire britannique *New Scientist* — qui a l'habitude de peser ses mots — cette conférence, loin de déboucher sur un consensus et moins encore sur des solutions, a tourné en affrontement politique et en règlement de comptes international.

Un groupe de travail spécialisé dans ce genre de «microchirurgie de la virgule» a passé ses jours, parfois ses nuits, à triturer minutieusement chaque phrase, chaque mot des communiqués officiels, afin d'obtenir des textes suffisamment anodins et inoffensifs pour recueillir les signatures des délégués de 135 pays. Le nœud du débat s'énonce ainsi: tandis que les pays occidentaux préconisent une limitation impitoyable des naissances, la nation la

plus peuplée et la plus «rouge» — la Chine — au secours de la plus petite et la plus traditionnelle — le Vatican —, et, reprenant à son compte le fameux adage biblique, crie avec lui: «croissez et multipliez-vous!» Ajoutant tout de même, pour se démarquer de son allié inattendu: le contrôle des naissances est une stratégie conçue par les superpuissances pour perpétuer en les renforçant leur domination économique et leur chantage politique.

On ne peut pas cependant aller jusqu'à affirmer que le rassemblement de Bucarest fut parfaitement inutile: au Congrès officiel se superposa en effet une sorte de congrès officieux entre des experts que rien n'obligeait à épouser les positions de leurs gouvernements respectifs. Ainsi, M. John Rockefeller III, l'un des plus ardents propagandistes américains de la limitation des naissances, avait-il refusé de représenter officiellement son pays pour conserver une totale liberté d'expression au sein du «congrès parallèle». Ce fut pour y reconnaître que les techniques du «birth control» ne sauraient à elles seules constituer une voie efficace pour limiter la croissance de la population: les pilules ne servent à rien aussi longtemps que la motivation n'existe pas, que les parents ne désirent pas limiter le nombre de leurs enfants.

### QUALITÉ OU QUANTITÉ

L'échec lamentable des campagnes de limitation des naissances (en Inde par exemple) ne s'explique donc pas seulement par l'analphabétisme. Sans doute convient-il d'expliquer aux femmes le comment s'y prendre, ce qui est certes plus facile quand elles savent lire. Mais on s'aperçoit de plus en plus qu'il faut surtout leur faire saisir le pourquoi. Le Dr Yusuf Ali Eraj, membre de l'Association pour le planning familial du Kenya, a remarqué que dans son pays, en dépit de tous les efforts officiels, les femmes veulent des enfants. Le plus possible, pour conjurer la fâcheuse statistique de la mortalité infantile: la mère ne sait pas,

parmi les enfants auxquels elle donne le jour, combien survivront. Or, dans une famille rurale très pauvre, un enfant de plus, c'est surtout une paire de bras supplémentaire, donc un facteur —fût-il infime dans une situation de misère chronique— d'accroissement du niveau de vie. Ainsi le Dr Eraj demande-t-il avant tout des écoles: si les enfants vont à l'école, les parents cessent de les regarder comme des travailleurs à leur service, et développent un sens des responsabilités. Ils leur achètent des livres et des vêtements. Ils y mettent leur fierté. Alors apparaît —car cela leur coûte cher— une forte motivation à limiter le nombre de leurs héritiers. La qualité triomphe, en quelque sorte, de la quantité.

Le Québec n'est pas le Kenya. Nous ne sommes pas —loin de là— trop nombreux. Pourtant, chez nous comme ailleurs, la pilule ne constitue rien de plus qu'un moyen au service d'une fin. Par conséquent, il semble ridicule d'y voir la cause de notre faible taux de natalité; la dénoncer à ce titre relève du combat contre les moulins à vent: nous avons moins d'enfants parce que nous en voulons moins. C'est dans cette volonté —non dans la pilule— que réside l'explication de notre relatif dépeuplement.

Relatif, car si cela s'aggrave chez nous d'une situation minoritaire dans l'«océan» anglophone où nous voudrions bien ne pas nous laisser dissoudre, nos voisins du Sud, et tous les pays d'Europe, y compris ceux d'Europe de l'Est et l'URSS ont vu eux aussi chuter notablement ces dernières années leur taux de natalité. Nous n'en sommes pas encore au point où la population risquerait de diminuer. C'est la vitesse d'accroissement qui marque le pas: au rythme actuel, aux États-Unis, l'augmentation se poursuivrait une bonne cinquantaine d'années avant d'atteindre la «croissance démographique zéro». Il semble donc prématuré de tirer la sonnette d'alarme.

## 7 MILLIARDS DE BOUCHES À NOURRIR

Quelques symptômes commencent pourtant à apparaître de-ci de-là: la population vieillit. Il y a moins d'étudiants (l'University of Massachussets à Boston a amputé de \$100 millions son programme de construction), donc du chômage chez les professeurs, moins de jeunes aptes à servir dans l'armée (la tranche d'âge 18-19 passera de 4,1 à 3,5 millions d'ici 1984, toujours aux États-Unis).

Mais ces problèmes, réservés aux pays riches, ne concernent évidemment pas le Tiers-monde qui a les siens, autrement plus pressants et angoissants. Et pour des raisons diamétralement opposées: si la population québécoise connaît une inquiétante stagnation sur son immense territoire, ce sont —avec 200 000 naissances quotidiennes— treize populations

«québécoises» (80 millions d'individus) qui apparaissent chaque année sur la terre, la très grande majorité dans les pays sous-développés: l'effectif des terriens aura doublé d'ici 35 ans, atteignant le chiffre fabuleux de sept milliards. Encore convient-il de préciser que si cela correspond à un taux de croissance moyen de 2%, certains pays —et ce sont les plus pauvres et les plus peuplés— arrivent pour leur part à 3 ou 4%.

Il s'agit donc d'un véritable drame: «Le seul doublement inévitable de la population d'ici à l'an 2000 ou 2005 —écrit Maurice Guernier, membre du Club de Rome— va poser des problèmes gigantesques à toute l'humanité: notamment celui du doublement (au moins) de tous les investissements existants et que l'homme a accumulé depuis des siècles et des siècles: toutes les maisons, toutes les routes,

les statisticiens annoncent un chiffre effrayant et celui où la menace se vérifie, un grand nombre d'années s'écoulent et on a eu le temps de s'habituer. Et puis les responsables politiques ont des mandats renouvelables tous les quatre ou cinq ans: ils naviguent dans l'électoratisme à court terme et n'ont guère le loisir de se consacrer à des décisions dont les effets se feront sentir 20 ou 30 ans plus tard: selon le Club de Rome, si l'Asie du Sud (Inde, Indochine, Indonésie, etc.) réagit dès 1975 au péril démographique, elle ne stabilisera sa population qu'à 1 660 millions.

L'écrivain américain Isaac Asimov, auteur de science-fiction bien connu, s'est amusé —si l'on peut dire— à calculer le temps au bout duquel, au taux d'accroissement actuel, la population mondiale pèserait autant que son support —la terre. Répon-

### POURCENTAGES DE LA POPULATION MONDIALE PAR RÉGION DU GLOBE, DE 1925 À 2075

Zones	1925	1950	1975	2000	2025	2050	2075
Total mondial	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Groupe septentrional	61,2	56,1	49,4	40,8	34,7	31,0	29,3
Amérique du Nord	6,4	6,7	6,0	5,1	4,4	3,9	3,7
Europe	17,3	15,8	11,9	8,7	7,0	6,1	5,8
Union Soviétique	8,6	7,2	6,4	5,1	4,2	3,8	3,7
Asie orientale	29,1	26,4	25,1	21,9	19,1	17,2	16,2
Groupe méridional	38,8	43,9	50,6	59,0	65,3	69,0	70,7
Amérique latine	5,0	6,5	8,1	10,0	11,7	12,6	13,0
Afrique	7,8	8,7	9,8	12,6	15,1	17,2	18,4
Sud asiatique	25,4	28,1	32,2	36,1	38,0	38,8	38,8
Océanie	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

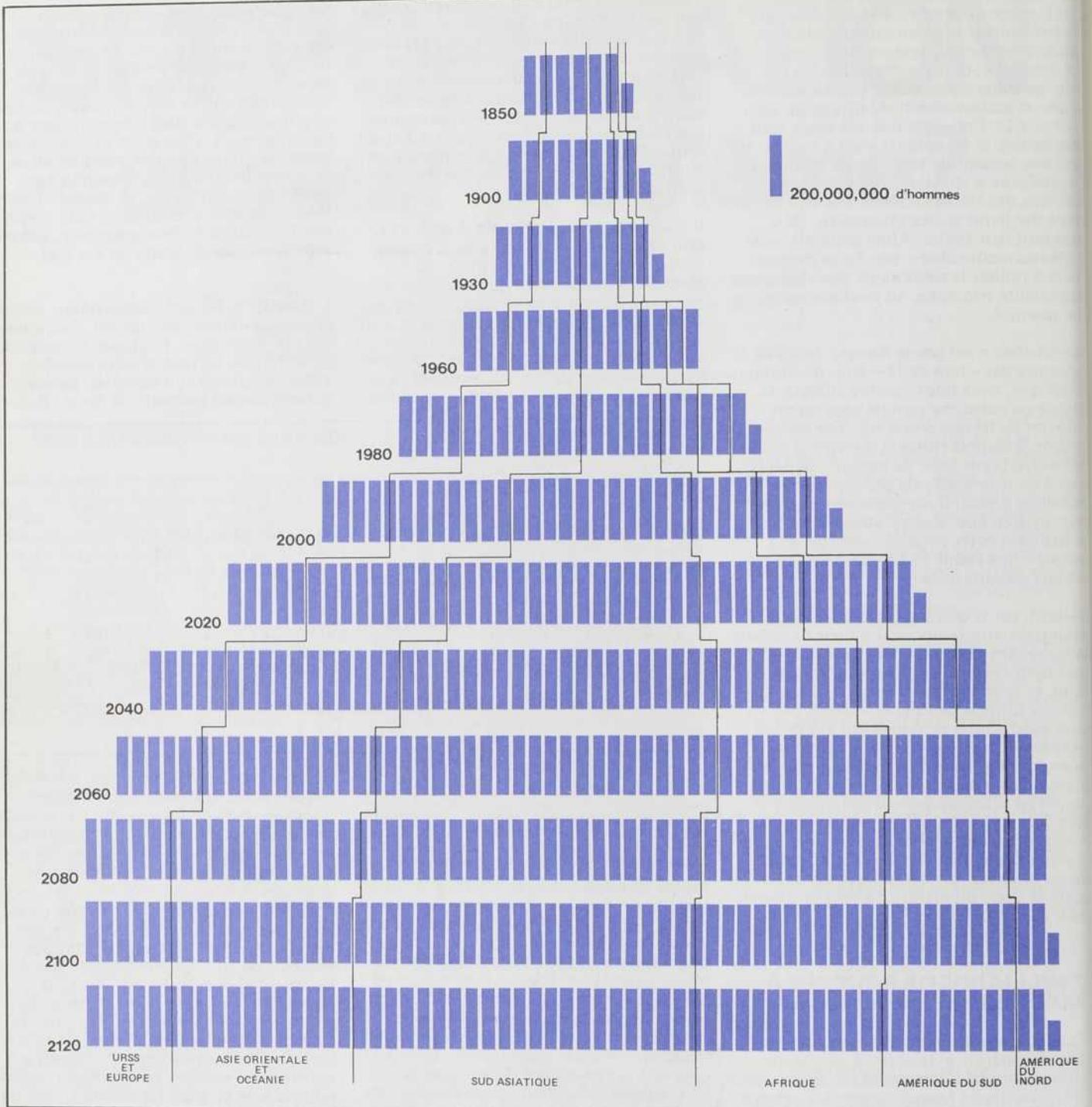
▲UN RENVERSEMENT DE SITUATION — Si l'évolution démographique de la planète ne subit pas de modification importante d'ici un siècle, on assistera à un renversement du rapport des populations entre les deux hémisphères de la terre. Ces pourcentages, tirés du Courrier de l'Unesco, mai 1974, parlent par eux-mêmes.

toutes les usines, tous les champs, tous les troupeaux, tous les hôpitaux, toutes les écoles... et il faudra plus que les doubler si l'on veut que les hommes soient mieux nourris, mieux logés, mieux éduqués, mieux soignés...» Encore pourrait-on ne pas doubler les routes, écoles, maisons, usines, choses dont, à première vue, on sait à la rigueur se passer, surtout sous les tropiques. Mais la nourriture? Telle est bien la grave question! Les ressources alimentaires ne suivent pas, il s'en faut de beaucoup, l'in vraisemblable taux des bouches à nourrir: pour l'ensemble des années 1971-1972, l'accroissement réel de la production agricole n'a pas dépassé 2%. Dans le même temps, la population augmentait de 5%.

### LE POIDS DE LA TERRE

Sans doute les chiffres de ce genre nous sont-ils familiers: il y a si longtemps qu'on nous rabâche les oreilles avec ces histoires que nous n'y prêtons plus guère attention. Il s'agit pourtant d'une éloquente réalité. Mais la «bombe démographique» en est une à retardement: entre le moment où

se: dans 1 600 ans. «Et —poursuit Asimov— dans 2 200 ans, la population humaine pèserait autant que tout le système solaire, soleil inclus... Il faudra donc bien que la tendance s'infléchisse tôt ou tard, tant il paraît clair que nous nous acheminons vers une absurdité. Or, on commence à supposer que les populations humaines sont soumises à des phénomènes d'auto-régulation, tout comme les colonies de rats ou de mouches drosophiles étudiées en laboratoire. Ainsi, la femme indienne met traditionnellement au monde une dizaine d'enfants pour la simple raison que la mortalité infantile à laquelle elle était habituée l'obligeait à «prévoir» ce nombre pour pouvoir compter sur deux ou trois survivants à l'âge de la puberté. D'une façon générale, dans les régions tropicales, propices à une foule de maladies très graves, l'homme, terriblement décimé, doit, depuis des millénaires, procréer très jeune et procréer beaucoup pour assurer sa descendance. D'où une sélection génétique naturelle qui a favorisé les prématurés sexuels et les suractifs sexuels. L'irruption des méthodes modernes de médecine et d'hygiène bouleverse cet équilibre: un milieu de très grande fécondité se voit subitement débarrassé des facteurs qui la rendaient nécessaire. Du même coup, cette hyperfécondité devient tout à fait fâcheuse et l'on découvre ceci: en «faisant» douze enfants, les



▲ CROISSEZ ET MULTIPLIEZ-VOUS — Selon les prévisions établies par les Nations Unies, la population mondiale va connaître une vitesse d'accroissement considérable entre 1960 et 2080. Suivrait une période de stabilisation durant laquelle la terre serait peuplée par quelque 12,3 milliards d'habitants.

familles tropicales visaient intuitivement, à travers l'inévitable et terrible mortalité infantile, le niveau de deux à quatre que les psychologues actuels s'accordent à considérer comme optimal, et que nous croyons avoir inauguré dans nos sociétés

modernes. Autrement dit, le taux de fécondité s'ajusterait en fonction du milieu. Encore faut-il lui en laisser le temps, et les brusques explosions, ou récessions, démographiques résulteraient d'une sorte de retard, d'inertie, de délai d'adaptation à des conditions nouvelles.

### L'OEUF ET LA POULE

En fait, nul ne doute que cette autorégulation jouera, et que la fécondité mondiale va connaître une importante diminution. Toute la question est de savoir

quand. Et où: l'étude des courbes démographiques de l'Europe pré-industrielle du 18<sup>ème</sup> siècle confirme que le développement a des conséquences très nettes sur la natalité (travail des femmes, retard du mariage par exemple); mais elle met également en évidence des variations très importantes d'un pays à l'autre, selon les conditions culturelles, sociales, religieuses, économiques, conjoncturelles, etc. propres à chaque société. Dès lors les généralisations apparaissent extrêmement hasardeuses.

Les facteurs qui conduisent à une importante chute de la fécondité dans les pays industrialisés sont bien connus: faible mortalité infantile et forte espérance de vie, urbanisation (moins de bras requis pour les travaux agricoles, exigüité des logements), libéralisation de la contraception et de l'avortement, sensibilisation à l'égard de responsabilités vis-à-vis de l'environnement, aspiration à un mode de vie «libéré», coût de l'éducation d'un enfant, etc... «Dès lors —disent les uns— développons rapidement les pays sous-développés et la fécondité diminuera d'elle-même.» «Profonde erreur —répondent les autres— le développement est impossible aussi longtemps que le taux d'expansion démographique excède celui de la production. Il faut donc réduire de façon drastique les taux de natalité par une propagande massive en faveur de la stérilisation et de la contraception.» La première option est celle —nous l'avons dit— de la Chine et du Vatican, mais aussi de nombreux pays socialistes et du Tiers monde. La seconde option, dite «néo-malthusienne», est grosso modo mise en avant par le monde anglo-saxon, Amérique en tête. Les deux paraissent à première vue inconciliables et font songer au vieux débat sur l'antériorité de la poule ou de l'œuf.

Sensible aux reproches qui lui ont été adressés à la suite de la publication du Rapport Meadows, le Club de Rome a raffiné ses calculs. Son dernier modèle mathématique, aussi différent du premier qu'un supersonique l'est d'une bicyclette», n'en débouche pas moins sur des conclusions effrayantes: à l'issue d'un scénario aux hypothèses «optimistes», l'ordinateur déclare que 500 millions d'enfants succomberont à la famine, en Asie du Sud, entre 1985 et 2025. Maurice Guernier remarque d'autre part: «les États-Unis et le Canada sont les seuls pays du monde capables de subvenir aux besoins alimentaires du monde affamé de demain, et en particulier aux besoins protidiques de l'Asie. Cette prépondérance américaine dans un domaine si fondamental pour les hommes de demain sera lourde de conséquences».

### L'ART DE NOURRIR LES ORDINATEURS

Ceci soulève le douloureux problème de la répartition géographique des richesses: selon René Dumont, agronome de réputation mondiale, «il n'y aurait assez de protéines qu'en cas de répartition bien plus égalitaire, donc de semi-austérité alimentaire des riches (...). Si on cherchait à combattre la malnutrition par la seule augmentation de production, sans vouloir toucher à la répartition (...) il faudrait plus que sextupler la production alimentaire des pays dits en voie de développement, entre 1970 et 2000: tâche évidemment impossible». «La même quantité de nourriture consommée par 210 millions d'Américains —ajoute Jean Mayer, nutri-

tionniste de l'Université de Harvard— suffirait à 1,5 milliard de Chinois.»

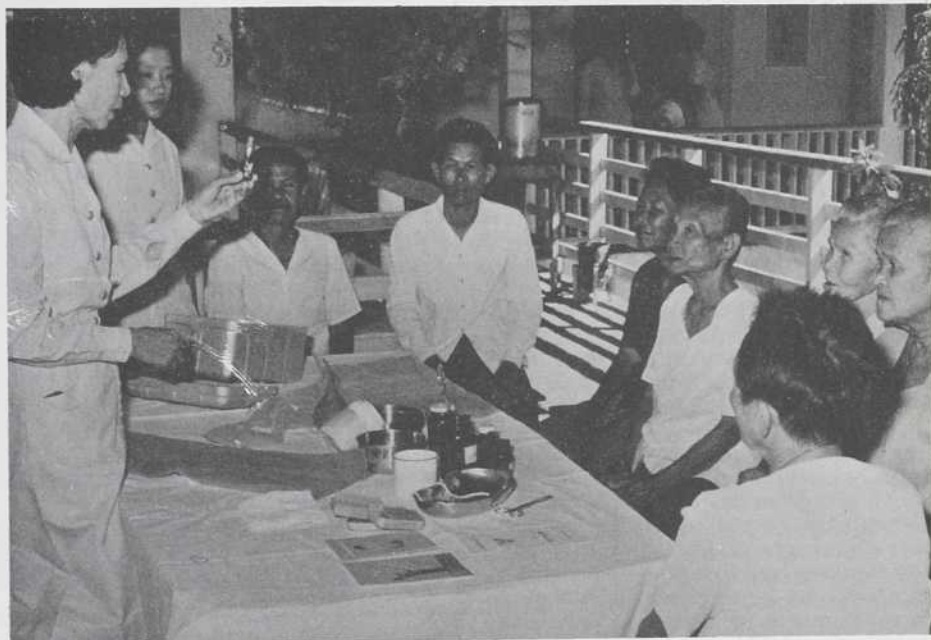
Bien sûr, dès que l'on fait abstraction de la localisation des richesses —sans se soucier de savoir si ceux qui en ont trop voudront aider les démunis— on parvient à tirer des ordinateurs des renseignements bien différents. Il faut croire en tout cas qu'Herman Kahn, du Hudson Institute, n'abreuve pas les siens à la même eau que le Club de Rome: «Vers l'an 2100 —écrit-il dans un article récent— le monde sera composé de quelque 15 milliards de personnes dont le revenu sera d'environ 20 000 dollars par an et par tête.» Remarquons que le PNB mondial (somme de tous les produits nationaux bruts) double tous les 14 ans alors que la population double tous les 35 ans, le célèbre futurologue définit le PMB (produit mondial brut) comme la différence entre ces deux entités. Ce PMB double tous les 23 ans, et l'on arrive à la conclusion que la terre peut nourrir 30 milliards d'hommes qui consommeraient chacun autant que l'Américain d'aujourd'hui.

Sans verser dans un optimisme aussi complet, d'autres économistes occidentaux nient purement et simplement les thèses de la croissance zéro: parmi eux, Wilfred Beckerman, professeur à l'Université de

sens», et un taux de natalité excessif caractérise les sociétés pré-industrielles. L'apparition de la prospérité se traduira par le retour à un taux raisonnable.

### UN VASTE COMLOT

Un tel langage semble, beaucoup plus que les prédictions alarmistes du Club de Rome, conforme aux thèses défendues par les principaux intéressés: les responsables des pays en voie de développement. Pour le président algérien Houari Boumédiène, «il n'existe pas de solution démographique aux problèmes qui sont en premier lieu de nature économique. Le problème du chômage sera résolu par la création d'emplois et non par des mesures empêchant la venue au monde de chômeurs potentiels». Pour Maaza Békélé, éthiopienne, professeur à l'université Haïlé-Sélassié d'Addis-Abéba, «les fausses extrapolations démographiques masquent la réalité africaine: l'Afrique n'est pas menacée de surpopulation». Le continent africain représente en effet 20% des terres émergées, mais ne supporte que 9 à 10 pour cent de la population mondiale. «Il est intéressant de noter cependant —remarque Maaza Békélé— qu'en 1650 la population de l'Afrique représentait 20 pour cent de la population mondiale. Elle

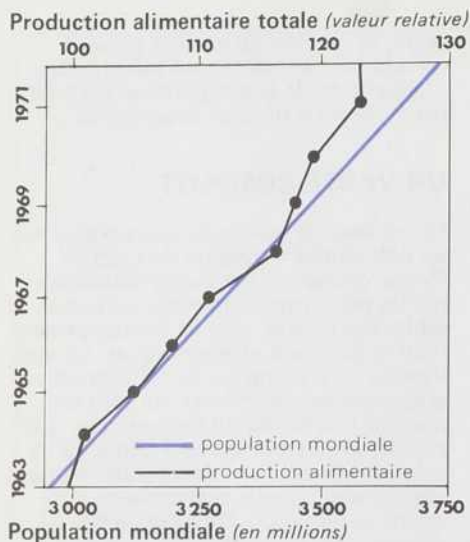


Centre de photographie Gouv. du Canada

▲ DES FEMMES SAGES — Les traditions rendent les pays du Tiers monde assez réfractaires aux notions occidentales de planification familiale. En Thaïlande par exemple, certains organismes essaient, par l'information, d'amener les sages-femmes à y jouer un rôle plus actif.

Londres, soutient que les néo-malthusiens «nourrissent leurs ordinateurs d'hypothèses pessimistes; ils en retirent bien entendu des conclusions pessimistes». Selon Beckerman, nul n'a encore apporté la preuve décisive du danger qu'il y aurait à poursuivre la croissance, aussi bien économique que démographique: «dire que les ressources sont finies n'a aucun

fut décimée par la traite au cours des 17e et 18e siècles, et au cours du 19e siècle par les affrontements militaires qu'entraînèrent la colonisation, puis l'exploitation de la main-d'œuvre africaine liée à la colonisation; elle fut décimée par des maladies venues d'Europe et l'extension de maladies endémiques locales.» Dès lors, l'«explosion» démographique africaine ne serait rien d'autre qu'un retour à la normale, une «revanche des berceaux», une renaissance pleine de promesses grâce à cette jeunesse porteuse d'avenir qui est le fait de toutes les sociétés à forte fécondité.



▲ DU PAIN POUR TOUS — On ne peut séparer le problème démographique de celui de l'alimentation mondiale. Déjà le taux de croissance dépasse celui de la production agricole.

té: 44 pour cent des Africains ont moins de 15 ans, et moins de 3% ont plus de 65 ans.

Pour la Chine, de telles populations, jeunes et formidablement nombreuses, représentent non un fardeau, mais une immense richesse, le plus puissant atout de libération dont dispose le Tiers Monde. Vouloir l'en priver en l'incitant à un planning familial massif relève d'un vaste complot mijoté par les superpuissances pour perpétuer leur domination. L'échec retentissant de telles mesures en Inde apporte évidemment de l'eau au moulin chinois: à peu près aussi misérables l'un que l'autre en 1948, les deux pays se retrouvent, après 25 ans, et ayant suivi respectivement les chemins que l'on sait, à des niveaux éminemment différents. Il est difficile de ne pas en conclure que le gouvernement indien aurait mieux fait de se livrer à une réforme agraire digne de ce nom que de dispenser à tour de bras les pilules, les condoms ou les vasectomies.

Une fois n'est pas coutume; l'URSS défendait à Bucarest des thèses à peu près similaires à celles de Pékin, avec, pour la circonstance, l'appui insolite de divers pays d'Amérique du Sud: «la surpopulation est un mythe inventé par les riches pour exploiter les pauvres. Selon le ministre soviétique de la Santé, Lev Volodarsky, les taux de natalité élevés n'ont rien à voir avec le sous-développement et ne sont invoqués que pour détourner l'attention des réformes sociales indispensables.

Sans pour autant souscrire à la théorie du «noir complot ourdi par les riches», il faut bien se demander si, quelque part dans notre inconscient collectif, ne se cache pas au moins la peur de voir un jour les «hordes» affamées d'Asie ou d'ailleurs nous envahir, la peur d'être obligé de renoncer à une partie de notre PNB. Comme on l'a vu, les ordinateurs, semblables aux statistiques, ne disent jamais ce qu'on a bien voulu leur faire dire... Il

paraît en outre assez évident que si les Chinois avaient dû obtenir un feu vert à Washington avant de se lancer dans leur révolution, ils seraient aujourd'hui exactement aussi misérables que les Indiens.

Mais la solution —si elle existe— doit se situer quelque part à mi-chemin entre la démographie galopante et la stérilisation systématique. D'ailleurs, lors du Congrès de Bucarest, en plaidant pour la natalité, le délégué de Pékin, M. Hsu Shou Yen —il déclarait: «Toutes les vues pessimistes sont sans fondement. L'avenir de l'humanité est infiniment brillant.»— s'est bien gardé de faire la moindre allusion au contrôle des naissances qui a pourtant cours dans son pays, et sur une grande échelle. Et le président du Mexique, Luis Etcheverría, qui proclamait, durant sa campagne électorale en 1970: «Gouverner

c'est peupler», a eu tôt fait de changer son fusil d'épaule au contact des réalités du pouvoir. Enfin, l'URSS et les pays socialistes d'Europe de l'Est, expérimentent à leur tour, en dépit de leurs positions officielles, une sorte de «malthusianisme de la consommation»: de plus en plus nombreux y sont les jeunes couples qui optent pour le confort, l'automobile, les vacances au détriment de la procréation.

Un congrès politique international se justifiait sans aucun doute, vu l'ampleur planétaire du problème démographique. Mais les données en sont si controversées et si explosives que nul ne s'étonnera de l'échec d'une telle réunion quant à définir des solutions concrètes et unanimes: riches et pauvres ne semblent pas à la veille de s'entendre. ●

## LA FÉCONDITÉ QUÉBÉCOISE S'AJUSTE

Le problème démographique, ainsi qu'on vient de le voir, implique tous les pays du monde, qu'il s'agisse pour les uns de surpopulation ou, pour les autres, d'une diminution alarmante de leur taux de natalité.

Le Québec ne fait pas bande à part. Des hommes politiques québécois s'inquiètent de la chute vertigineuse qu'a subie le taux de natalité au Québec durant les 25 dernières années. Beaucoup plus élevé, à la fin des années cinquante, que dans la plupart des pays qui nous entourent, celui-ci ne fait cependant que rejoindre un niveau comparable à celui du reste du Canada, des États-Unis et des pays d'Europe occidentale.

Les statistiques indiquent habituellement le taux de natalité, c'est-à-dire le nombre de naissances par mille habitants par année. Au Québec, les données ainsi obtenues ne reflètent pas tous les aspects de la situation. Ainsi, vers 1960, le Québec a connu un de ses plus hauts taux de natalité. À cette époque, les Québécois se mariaient jeunes et les naissances se concentraient dans les débuts de leur vie à deux. Depuis quelques années cependant, ils ont tendance à se marier plus vieux et à espacer les naissances. Il en résulte une diminution de près de la moitié du nombre des naissances par année qui ne correspond pas nécessairement à une diminution du nombre d'enfants dans chaque famille.

Aussi les démographes, tel M. Jacques Henripin, directeur du département de

Démographie à l'Université de Montréal, préfèrent fonder leurs statistiques démographiques sur le taux de fécondité, soit le nombre d'enfants par famille par génération. Celui-ci a aussi diminué depuis quinze ans mais d'une façon moins spectaculaire que le taux de natalité. Ainsi pour les femmes mariées âgées de 40 à 44 ans en 1971, on calcule une descendance finale de 3,69 enfants tandis que les démographes prévoient 2,89 enfants pour celles âgées de 15 à 19 ans à la même date, soit une baisse de 25% approximativement.

Comme dans la plupart des pays industrialisés, l'urbanisation s'inscrit parmi les principales causes de cette chute du taux de fécondité. La hausse du niveau d'instruction de la population contribue aussi à cette diminution. Les femmes mariées, de plus en plus présentes sur le marché du travail, sont amenées à réduire l'importance de leur descendance.

Cette baisse du taux de fécondité inquiète davantage les Québécois francophones qui voient alors diminuer leur chance de compenser l'immigration anglophone par leur fécondité proverbiale. Il ressort cependant d'une enquête effectuée par M. Jacques Henripin, que les Québécois francophones ont une progéniture plus nombreuse d'environ 10% que celle du reste de la population québécoise. Mais cette marge de 10% tend de plus en plus à disparaître. Aussi pour écarter le danger de l'assimilation, la revanche des berceaux semble de moins en moins un moyen efficace.

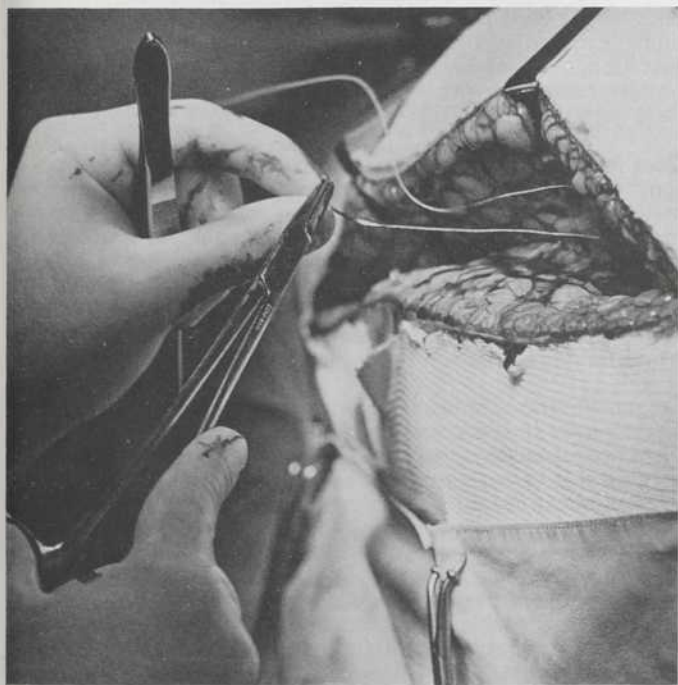
## SANTÉ

# Le carbone contre la douleur

Pour effectuer des anesthésies locales, les chirurgiens utilisent généralement des solutions d'hydrochlorures. Ces anesthésiques ont déjà fait leurs preuves, mais pas à l'entière satisfaction des anesthésistes... car ces solutions ne parviennent pas toujours à éliminer complètement la douleur.

Néanmoins, lors d'interventions chirurgicales, l'anesthésie locale est souvent préférée à l'anesthésie générale car elle n'affecte pas, comme cette dernière, l'entière physiologie de l'organisme et présente donc moins de risques d'effets secondaires. Ceci est particulièrement vrai pour les opérations effectuées dans les régions de l'abdomen ou de la poitrine. Pour ces cas, un anesthésique local suffit pour atténuer la douleur qui rend la respiration difficile, et éliminer les complications bronchiques post-opératoires. On les utilise aussi en obstétrique lorsqu'une anesthésie générale risque d'affecter la santé de la mère et de l'enfant.

Pour ces raisons, les anesthésiques locaux garderont une place de choix en chirurgie. D'autant plus que le principe est rela-



vement simple: une substance ayant un effet toxique temporaire sur les cellules nerveuses est injectée dans les membranes et les tissus pour «endormir» les extrémités des circuits nerveux locaux. Ainsi, les stimulations douloureuses ne peuvent se propager jusqu'au système nerveux central et sont dans l'incapacité de déclencher la prise de «conscience» de sensations douloureuses.

Malgré cette simplicité, des effets indésirables persistent et, malgré de nombreuses tentatives pour les rendre plus efficaces, les solutions d'hydrochlorures n'arrivent pas à éliminer entièrement les sensations douloureuses lors d'interventions chirurgicales. De petites régions peuvent en effet demeurer «conscientes» et le patient éprouve alors une certaine douleur qui rend parfois l'opération très pénible.

Ces problèmes, le Dr Philip Bromage, de la faculté de Médecine de l'Université McGill, semble les avoir résolus. Il vient de

mettre au point un nouvel anesthésique, dit carbonaté, qui présente tous les avantages des anesthésiques conventionnels sans en posséder aucun des inconvénients. Selon le Dr Bromage, des solutions carbonatées faites à partir de l'acide carbonique pourraient avantageusement remplacer l'acide hydrochlorique dans la mise au point d'anesthésiques efficaces.

Lorsque de telles solutions carbonatées sont inoculées dans l'organisme, le gaz carbonique libéré pénètre rapidement dans les cellules nerveuses. Il réduit aussitôt l'acidité et permet ainsi à la base anesthésique d'imprégner les cellules nerveuses plus rapidement et en plus grandes concentrations que ne le réussissent les solutions à base d'hydrochlorures.

Pour souligner la supériorité de l'analgésique carbonaté, le Dr Bromage fait état d'un groupe de 433 patientes traitées avec ce produit, lors d'accouchements. Un pour cent seulement des patientes ainsi traitées (par de la lignocaïne carbonatée) ont dit ressentir une certaine douleur, alors qu'en général 12,8 pour cent des patientes traitées aux anesthésiques conventionnels (hydrochlorures d'améthocaïne) manifestent des sensations douloureuses.

La supériorité des anesthésiques carbonatés semble donc démontrée... Une seule ombre au tableau: la fabrication du nouvel anesthésique est beaucoup plus coûteuse que celle des anesthésiques conventionnels. Ainsi, c'est peut-être la raison économique qui décidera du degré de douleur que nous devons tolérer à la table du chirurgien.

## Des muscles ne répondent plus

Personne n'en doute, le cerveau joue un rôle central dans l'organisme. Il est non seulement l'«organe à penser», mais le coordonnateur de tous nos faits et gestes. Pourtant, on cherche parfois à lui enlever un peu de son prestige. Ainsi, d'aucuns soutiennent que certains réflexes musculaires seraient tout simplement régis par l'épine dorsale.

Le débat n'est pas encore tranché, mais Mme Christina Chan, de l'Aviation Medical Research Unit, à l'Université McGill, vient d'apporter quelque réconfort aux partisans du cerveau.

Expérimentalement, la question peut être posée de la façon suivante: lorsqu'un muscle subit une contrainte, la réponse —relaxation ou contraction— est-elle déclenchée par un signal en provenance du cerveau ou d'un segment de l'épine dorsale?

Pour répondre à cette question, on n'a qu'à suivre le signal qui part d'un muscle et y revient. La distance parcourue, par exemple, sera proportionnelle au temps qui s'écoulera entre le stimulus et la réaction. La procédure mise au point par Mme Chan est toute simple. Elle applique une force sur le bout du pied d'un sujet pour maintenir son mollet étiré. Pendant ce temps, des électrodes implantées dans le muscle mesurent le temps de départ et d'arrivée des signaux nerveux. Dans le cas du mollet étiré, la contrainte commence par susciter un bref signal électrique auquel succède une brusque et intense activité électrique (le signal de retour). Entre les deux manifestations électriques s'écoule une période de silence.

Si on ne dispose que de la mesure du silence musculaire pour le mollet, on n'est guère plus avancé. Impossible de dire si l'influx a voyagé jusqu'à un segment de la colonne vertébrale ou si il l'a parcourue en entier pour se rendre chercher l'instruction au cerveau. Par contre, si l'on compare maintenant la durée du silence du mollet au silence du biceps, soumis au même type de contrainte, on aura une bonne idée du parcours

choisi. Et effet, le cerveau est beaucoup plus loin du mollet que du biceps. Donc, si le réflexe doit passer par l'écorce cérébrale, le silence musculaire dans la jambe sera beaucoup plus long que dans le bras. Aux électrodes implantées dans ces muscles de parler.

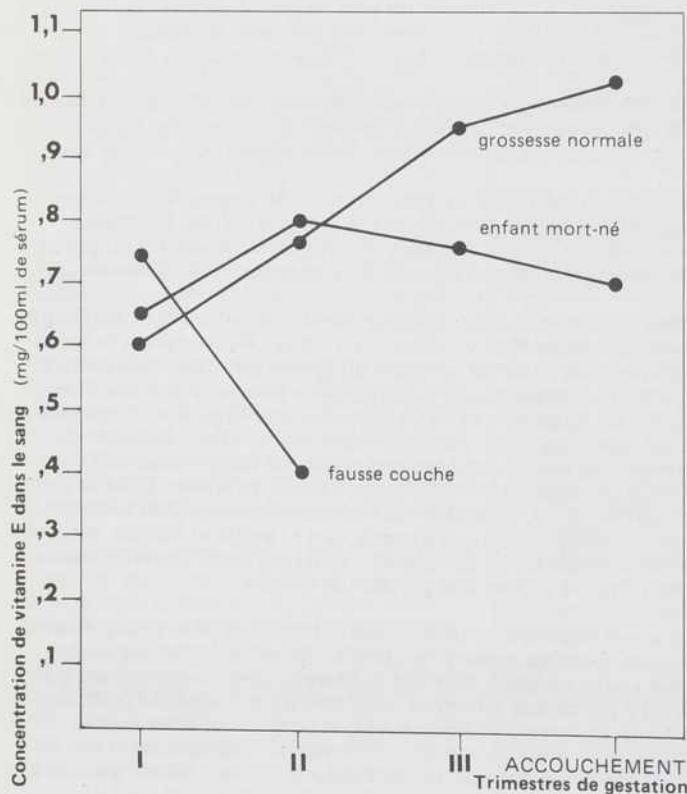
Réponse, le mollet reste muet pendant 74 millisecondes tandis que le biceps connaît déjà sa réponse au bout de 33 millisecondes. Le parcours long jusqu'au cerveau semble donc de rigueur.

Ces résultats peuvent sembler élémentaires. Pourtant, ils ont une signification capitale pour les paraplégiques, qui souffrent de lésions à l'épine dorsale, et les hémiparaplégiques, qui ont subi des dommages au cerveau. Une grande rigidité musculaire caractérise tous ces malades. Mme Chan sait maintenant pourquoi. Chez eux, le silence musculaire se prolonge indéfiniment.

## La vitamine de reproduction

Depuis 1940, on sait qu'un manque de vitamine E se trouve souvent associé aux malformations congénitales, chez les animaux. La tentation d'étendre cette conclusion aux humains était grande, mais n'avait jamais pu être établie hors de tout doute. Maintenant, c'est fait. Des chercheurs de la faculté de Médecine de l'Université de Sherbrooke viennent de confirmer une corrélation dramatique entre une carence de vitamine E chez la mère et la conclusion malheureuse de certaines grossesses.

▼ DES HAUTS ET DES BAS — Ce diagramme illustre les concentrations de vitamine E au cours de la gestation. Deux tendances générales y sont évoquées, la concentration de vitamine E est plus élevée au cours du premier trimestre pour les grossesses pathologiques, et par la suite, cette concentration augmente graduellement pour les grossesses normales alors qu'il y a peu de changement ou même une baisse dans les cas de complications.



Ce n'est pas par hasard que les Sherbrookoïses ont cherché à faire le point sur la vitamine E, cette vitamine dite de la reproduction ou de la fécondité. Leur motivation de base vient du fait que les malformations congénitales sont plus fréquentes dans la région des Cantons de l'Est, par rapport au reste du pays.

Les médecins ont donc procédé à une étude des changements biochimiques survenant au cours de grossesses normales ou compliquées. Le groupe étudié a été choisi parmi les patientes qui se présentaient pour des soins prénataux à la clinique externe du Centre hospitalier. La majorité étant primipare (à leur première grossesse) et leur moyenne d'âge se situant à 26 ans.

Des échantillons de sang furent recueillis de façon routinière. Ces échantillons ont ensuite été centrifugés et le sérum (contenant la fameuse vitamine) séparé, puis analysé. Ces analyses ont permis de déterminer les valeurs moyennes du taux de vitamine E dans l'organisme au cours des diverses phases de la grossesse.

On a d'abord noté une augmentation continue de la quantité de vitamine E au cours de l'évolution d'une grossesse normale. La concentration de cette vitamine dans le sang varie d'un trimestre à l'autre de façon très marquée, chez la mère. D'autre part, chez l'enfant, les concentrations moyennes du taux de vitamine E dans l'organisme au cours des diverses phases de la grossesse sont plus faibles. Il semble que cette différence provienne de l'absorption de la vitamine E par le placenta.

Pour les cas où il y a eu malformations congénitales, on a noté un haut niveau de vitamine E au cours du premier trimestre de gestation, puis une baisse pendant le second trimestre et, enfin, une remontée vers un niveau à peu près normal à la toute fin de la gestation.

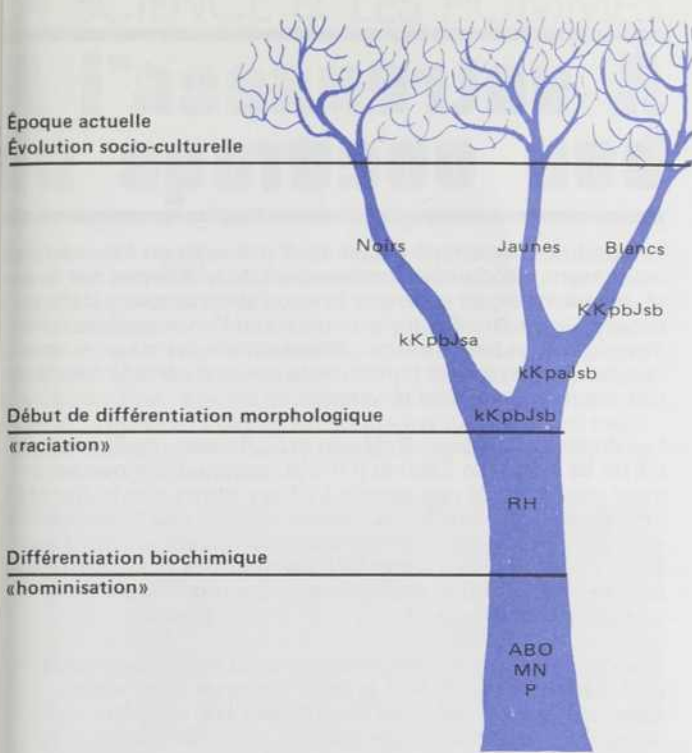
Dans le cas des grossesses interrompues par un avortement spontané (fausse couche), la concentration de la vitamine E se maintenait au-dessus de la normale au cours du premier trimestre, pour subir une brusque baisse au cours du second, la grossesse s'interrompant là. Enfin, pour les grossesses se terminant par la mise au monde d'un mort-né, la concentration de vitamine E demeure normale au cours des deux premiers trimestres pour décroître lentement à partir du troisième trimestre de gestation.

Ces constatations faites, les chercheurs conclurent à une association entre la concentration de vitamine E et des complications probables de la gestation. Cependant, impossible de préciser si la carence en vitamine E est la véritable responsable des complications ou si elle n'est pas plutôt un symptôme associé à un déséquilibre physiologique d'un autre ordre.

Les chercheurs sherbrookoïses poursuivent maintenant leurs travaux dans le but de cerner encore d'un peu plus près, le véritable responsable. Déjà, leurs recherches ont permis d'identifier un indicateur du bon ou mauvais déroulement d'une grossesse.

## Le sang n'est pas raciste

Les progrès de la science ont permis déjà la disparition d'un grand nombre de préjugés. Et encore aujourd'hui, la science vient ébranler des convictions enracinées chez beaucoup de gens, cette fois au sujet du racisme. En effet, il ressort d'une étude hématologique, c'est-à-dire d'une étude des facteurs sanguins, tel A, B, O, effectuée par l'équipe du Dr Jacques Ruffié, du Centre national de la Recherche scientifique de



▲ L'ARBRE DE L'ÉVOLUTION — Les facteurs sanguins ABO, MN et P, présents chez tous les primates, sont apparus au début de l'évolution. Plus tard, l'homme s'est différencié et certains systèmes de facteurs, tel le système Kell, amorcent un commencement de raciation. Cependant à l'époque actuelle, où l'évolution se poursuit surtout au niveau socio-culturel, on ne retrouve plus de vraies races biologiques puisque tous les intermédiaires existent entre chaque «race».

France, qu'il n'existe pas, chez l'homme, de vraies races biologiques.

Cette conclusion s'est imposée grâce aux connaissances que l'on possède maintenant des facteurs sanguins et qui ont fort intéressé les anthropologues et les paléontologues. Les premiers ont décidé d'utiliser ce moyen pour aborder l'étude des populations humaines, et les seconds pour mieux connaître l'évolution.

Ces facteurs sanguins se retrouvent non seulement chez l'homme mais aussi chez des espèces beaucoup moins évoluées que lui, plus spécifiquement chez les singes qui constituent avec l'homme le groupe des primates. Ainsi les facteurs ABO, MN et P se rencontrent chez pratiquement tous les primates tandis que le système Rhésus est propre à l'homme et à quelques primates moins évolués, tel le singe Rhésus chez qui il a d'abord été découvert et qui lui a donné son nom. Il y existe alors sous une forme plus simple. Ce système est en outre le responsable des problèmes que connaissent bien des couples où la femme est Rh négatif et l'homme Rh positif, lors de la venue d'un enfant.

Quant à l'espèce qui nous semble actuellement la plus évoluée, l'être humain, un véritable atlas de la répartition des facteurs sanguins dans le monde, dû à M. Arthur Mourant, de Londres, a permis d'établir que seul un troisième type de facteurs sanguins semble la séparer en groupes raciaux. Le système Kell, qui appartient à ce type, a été particulièrement étudié.

On sait que les facteurs sanguins sont des antigènes et la structure de chacun est codée sur un site bien précis d'un chromosome. Le système Kell, lui, est formé par trois de ces sites étroitement liés sur le même chromosome. On représente chaque site par des lettres, soient k, Kpb et Jsb. Mais lorsqu'un des sites subit une mutation, entraînant une modification du facteur sanguin, celui-ci est désigné par une nouvelle lettre, par exemple K au lieu de k.

Ainsi les sites normaux k Kpb Jsb se retrouvent dans tous les groupes humains à une fréquence toujours élevée. Cependant chez les Blancs, le chromosome de type K Kpb Jsb est aussi représenté. Chez les Jaunes, mais aussi chez les Blancs, c'est le chromosome de type k Kpa Jsb que l'on rencontre. Tandis que chez les Noirs, c'est celui de type k Kpb Jsa.

Connaissant la probabilité d'apparition d'une mutation dans le temps et le nombre de modifications existant entre une espèce et une autre, on peut déterminer l'ordre d'apparition des mutations au cours de l'évolution, à la fois selon l'époque et le groupe d'espèces. Ceci amène les paléontologues à représenter l'évolution des facteurs sanguins chez les primates par un arbre se ramifiant de plus en plus vers le haut. L'intercroisement des rameaux plus fins dans le haut de l'arbre figure les migrations, échanges, mélanges et croisements que l'espèce humaine a connus au cours de son histoire. Le haut de l'arbre représente aussi l'évolution du système Kell et nous permet d'observer que toutes les transitions existent entre deux populations humaines, même géographiquement éloignées. Ce qui amène le Dr Ruffié à dire que l'analyse de la répartition globale des facteurs sanguins montre qu'il n'existe pas chez l'homme de vraies races biologiques. D'ailleurs, pour celui-ci, l'isolement géographique et la pression sélective nécessaires à l'obtention de races différentes autonomes ne sont jamais réunis.

De plus grâce à l'intelligence de l'homme, l'adaptation culturelle a rendu inutile l'adaptation biologique au milieu vouant ainsi l'homme aux grands voyages et soumettant l'humanité, depuis le début, à de nombreux brassages.

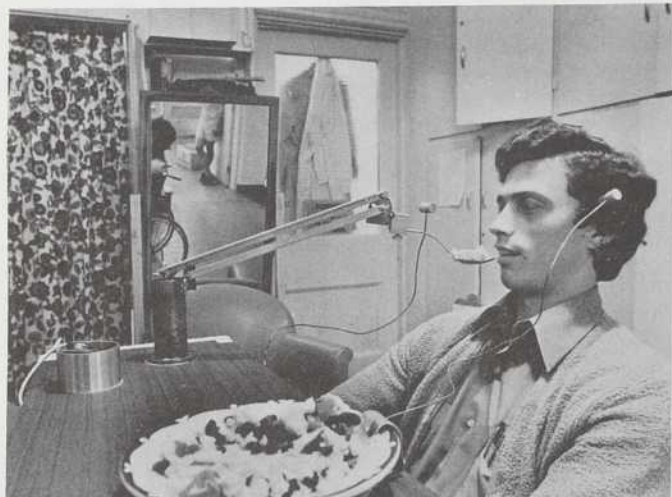
## Manger machinalement

La perte complète des sensations à partir du cou, l'immobilité totale, une dépendance à l'égard des autres pour se nourrir, se laver ou s'habiller, alors que l'esprit demeure vif et lucide: telle est souvent la situation des victimes de la paralysie.

Le professeur David Pfeiffer et trois étudiants (David MacKay, Douglas Kennedy et Patrick McNally) du département de génie mécanique de l'Université McGill ont trouvé un moyen de soulager un peu le sort des paralytiques. Ils ont conçu un «alimenteur» mécanique qui permet à un paraplégique (paralysé de la nuque jusqu'aux pieds) de se nourrir lui-même, à son propre rythme, presque uniquement au «nez et à l'œil».

Après quelques mois de travail, ils sont arrivés à concevoir un dispositif simple mais ingénieux (et plus humain que le classique tube à aspiration de nourriture). Ce dispositif peut être fixé à la table d'un patient paraplégique et comprend deux moteurs. L'un d'eux fait pivoter un disque soutenant l'assiette, l'autre actionne une manivelle prolongée par un bras et une cuillère. Un mécanisme à came permet à la cuillère de plonger vers l'assiette, d'y puiser de la nourriture et de l'apporter à la bouche du patient. Ce dernier, en inclinant légèrement la tête vers la droite actionne le levier d'un commutateur pour arrêter la cuillère où bon lui semble. Lorsqu'il décide de poursuivre son repas, il actionne de nouveau le levier et la cuillère replonge vers l'assiette. En déplaçant un peu la tête vers le commutateur de droite, il peut déclencher une rotation appropriée du disque soutenant l'assiette. Ainsi, il peut se nourrir seul et à son rythme.

Quelques patients de l'Hôpital neurologique de Montréal utilisent déjà l'«alimenteur» mécanique, à titre expérimental, et savourent le plaisir de pouvoir se nourrir avec une relative indépendance.



▲ ALIMENTEUR MÉCANIQUE — L'un de ses inventeurs, Douglas Kennedy, démontre le fonctionnement de l'alimenteur mécanique. On distingue les leviers des commutateurs du disque supportant l'assiette, à sa gauche, et du mécanisme de la cuillère, à sa droite.

Il ne reste que quelques améliorations minimes à apporter à l'alimenteur mécanique pour l'adapter plus facilement aux besoins de chaque patient. Ses inventeurs croient qu'il sera bientôt possible d'en fabriquer plusieurs autres.

## Un médicament controversé

Les recherches pharmacologiques remettent en cause, depuis quelques années, l'efficacité de la plupart des médicaments que l'on retrouve en pharmacie. L'aspirine n'a pas échappé à l'attention des chercheurs qui en ont démontré la nocivité lorsque consommée en trop grande quantité. Combien d'hémorragies intestinales et de problèmes stomacaux n'ont-ils pas été reliés à l'absorption abusive de cette drogue. Cependant, certaines propriétés de l'acide acétylsalicylique, principal constituant de l'aspirine, suggèrent des applications médicales fort intéressantes, spécialement au niveau du cœur.

En effet, l'aspirine provoque une inhibition prolongée de l'agrégation des plaquettes, cellules sanguines jouant un rôle important dans le processus de la coagulation du sang. Le Dr S.S.B. Gilder rapporte dans le *CMA Journal*, publié par l'Association canadienne médicale, que des chercheurs allemands ont eu l'idée d'utiliser cette propriété afin de prévenir les complications thromboemboliques qui surviennent après une opération chirurgicale, c'est-à-dire la formation d'un caillot sanguin qui vient bloquer un vaisseau. Leur étude a été effectuée dans plusieurs hôpitaux allemands et a inclus des facteurs tels que le diabète, l'angine et le vieillissement, qui tous augmentent les risques de thromboembolie. Ils ont observé que ces risques diminuent de façon significative chez les patients à qui on administre une dose régulière d'aspirine, plusieurs jours avant et après l'intervention chirurgicale.

Certains chercheurs suggèrent aussi d'exploiter les propriétés anticoagulantes de l'aspirine comme moyen de prévenir le développement d'infarctus du myocarde. Toutes ces utilisations de l'aspirine en cardiologie sont encore soumises à de nombreuses expériences partout à travers le monde, autant en Europe qu'en Amérique. Les résultats actuels ne permettent pas encore aux scientifiques de se prononcer unanimement pour ou contre ces usages de l'aspirine.

## A votre bon cœur

Le conditionnement physique, tout le monde en est convaincu maintenant, produit de nombreux effets bénéfiques sur la santé, par exemple, au niveau de la circulation sanguine dans le cœur. Cependant l'entraînement auquel on se soumet doit être régulier et bien dosé car, attention à votre cœur, si vous essayez de rattraper le temps perdu par une période courte et très intense d'exercices physiques.

Les docteurs P. Kõrge, R. Masso et S. Rooson, de l'Université d'État de Tartu, en Estonie (URSS), ont étudié le comportement cardiaque de rats soumis à divers modes d'entraînement physique. Dans tous les cas, ils ont observé une hypertrophie du cœur, c'est-à-dire une augmentation du volume cardiaque. Cette hypertrophie dépend de l'intensité de l'entraînement et peut même devenir pathologique ou anormale lors d'un surmenage chronique.

Il se produit entre les cellules du cœur et leur milieu ambiant un échange d'ions  $K^+$ ,  $Na^+$  et  $Ca^{++}$ . Le rythme normal du cœur dépend de l'équilibre s'établissant entre ces ions de potassium, de sodium et de calcium. Une accumulation de



potassium et une diminution de sodium dans les cellules assurent une protection contre certaines formes de lésions cardiaques. Ainsi, un entraînement physique soigneusement organisé et d'une durée suffisante produit une accumulation de  $K$  et favorise une résistance cardiaque accrue. Mais un entraînement trop intense occasionnant un surmenage physique induit des changements dans les quantités de  $K$ , de  $Na$  et de  $Ca$  contenues dans les cellules. Ces modifications sont tout à fait similaires à celles qui accompagnent le développement des insuffisances cardiaques comme dans les cas de sténose aortique, ou plus simplement d'un rétrécissement anormal de l'ouverture de l'aorte.

On ne peut plus mettre en doute les bienfaits du conditionnement physique, mais si les résultats obtenus par ce groupe de chercheurs peuvent s'étendre à l'homme, évitons les excès pour conserver un cœur en forme.

## LA SCIENCE & LES HOMMES

# A l'assaut du sport

Les sports et l'exercice physique furent longtemps considérés comme des activités exclusivement masculines. Tous les prétextes étaient évoqués pour en écarter la femme. Maintenant la participation féminine dans la plupart des manifestations sportives n'est plus contestée. La recherche scientifique a d'ailleurs largement contribué à l'évolution des mentalités dans ce domaine. Encore dernièrement, un comité d'étude des aspects médicaux des sports formé par l'Association médicale américaine, confirmait les bienfaits de l'exercice physique sur la physiologie féminine.



Ainsi la pratique du sport n'entrave en rien le bon fonctionnement des organes sexuels de la femme. Au contraire, elle entraîne habituellement une meilleure régulation du cycle menstruel. De plus, chez les athlètes féminins de calibre international, on observe un beaucoup plus grand nombre de grossesses sans complication et leur accouchement s'effectue plus aisément que chez les femmes physiquement moins actives.

À ces avantages spécifiques que procure la pratique du sport à la gent féminine, s'ajoutent naturellement ceux plus généraux comme l'accroissement de la force et de l'élasticité des muscles et l'amélioration de la fonction cardiovasculaire.

Les experts favorisent même la formation d'équipes féminines pour la pratique de sports de contact comme le hockey. Ils soutiennent qu'au cours d'activités similaires, les filles subiraient moins de blessures ou de fractures que les garçons en

raison de la force plus limitée qu'elles mettent en branle dans ces sports. Cependant, un nouvel équipement de protection devrait être conçu afin de préserver les parties plus sensibles de leur anatomie, dont la poitrine, des blessures qui peuvent survenir autant dans un sport de contact que de non-contact.

Les compagnies d'équipement sportif n'ont plus qu'à respecter les parties sensibles de chacun et notre sport national ne sera plus seulement l'affaire de la moitié de la population.

## Les enfants problèmes

Au cours des dix dernières années, les pédiatres ont réalisé que beaucoup d'enfants-problèmes étaient tout aussi intelligents, sinon plus, que les enfants dits normaux. En effet, des problèmes de perception et des troubles spécifiques du langage constituent souvent les principaux obstacles qui retardent l'évolution intellectuelle de ces enfants.

Le Dr Sam Rabinovitch, directeur du Centre d'apprentissage de l'Hôpital pédiatrique de l'Université McGill, a formé une équipe de 25 spécialistes comprenant des psychologues, des thérapeutes linguistes, des travailleurs sociaux, des optométristes, des médecins et des spécialistes en dessin et en musique pour aider ces enfants.

Les scientifiques du Centre d'apprentissage cherchent d'abord à comprendre les diverses facettes de la personnalité des enfants, puis par des tests psychométriques estiment leur niveau d'intelligence et tentent de mettre au point un processus de traitement pour chaque cas. Une attention toute spéciale est accordée à la conversation avec l'enfant. De plus, ses copies d'examen et ses travaux scolaires sont analysés pour savoir comment il réagit lorsqu'il est soumis à un stress.

Une fois la cause du mal identifiée, des spécialistes entreprennent l'application du traitement proprement dit. Pour certains enfants, les solutions sont relativement simples et consistent tout simplement à mieux expliquer en classe, et à répéter autant de fois qu'il est nécessaire. Pour d'autres, l'approche est plus complexe. L'apprentissage doit parfois se faire par compartimentation en des notions séparées, plus facilement assimilables, quitte à faire une synthèse de ces connaissances éparses au fur et à mesure que l'enfant progresse.

L'enseignement « multi-sensoriel » constitue la méthode la plus apte à accroître le potentiel d'apprentissage d'un enfant. Par exemple, pour celui qui n'arrive pas à se rappeler ou à recopier les lettres, la technique consiste à lui faire déplacer l'index sur des lettres au relief rugueux. Cette simple expérience joint le sens du toucher et la perception du mouvement à l'impression visuelle. Ceci amène l'enfant à se rappeler correctement le sens des lettres qu'il perçoit visuellement. Si, d'autre part, l'enfant éprouve de la difficulté à converser, des dessins et des diagrammes l'aideront à mieux suivre le fil de l'histoire.

Pour les enfants qui ne peuvent s'astreindre à la « tâche » d'écrire, souvent parce que leur mémoire se refuse à leur rappeler la structure des mots, la solution consiste à utiliser un système de tableaux où des lettres colorées lui en inculqueront plus facilement le souvenir.

Chaque jour, professeurs et étudiants se réunissent pour discuter, sans contrainte, au moment de la « pause-bonbon ». Les professeurs ont alors l'opportunité de savoir comment s'expriment les enfants lorsqu'ils sont détendus.

Malgré la grande disponibilité de gadgets, plus sophistiqués les uns que les autres, la plupart des professeurs du Centre d'ap-

prentissage préfèrent employer des objets simples qui ne mystifieront pas l'enfant. Le jeu de cartes, par exemple, offre de multiples possibilités pour développer la dextérité, la perception visuelle, la compréhension des concepts d'espace et de nombre, de même que pour inculquer les principes de sélection et de regroupement, de tactique, de logique et de planification.

Parmi les enfants qui ont fait un stage au Centre d'apprentissage de l'Université McGill, presque tous ont maintenant une vie normale et, ce qui est non moins important, savent que leurs difficultés n'avaient rien à voir avec la stupidité ou la paresse.

Le Dr Sam, comme l'appellent les enfants du Centre, est optimiste face au traitement des enfants-problèmes parce qu'il juge que le pire est passé: en effet, le besoin de soins spéciaux est maintenant reconnu. La communauté n'a plus qu'à faire appel à des spécialistes qui comprennent ces enfants suffisamment bien pour leur apporter l'aide dont ils ont besoin. Grâce à eux, ils mènent une vie normale et apportent leur contribution à la société.

## Modèles pour coup d'état

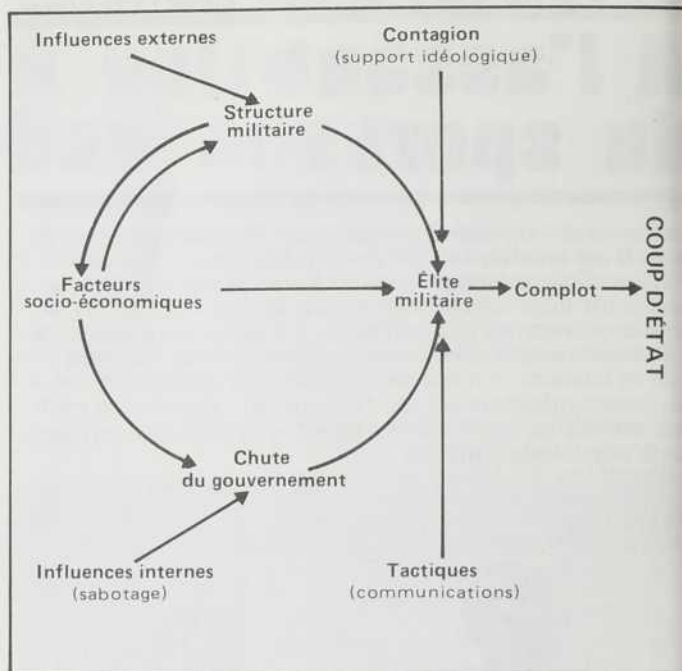
Malgré la fréquence des coups d'État qui se produisaient dans les régions «chaudes» du globe, il n'y a eu que très peu d'études sur leur genèse et les conditions socio-économiques qui les ont amorcés. Les quelques théoriciens contemporains qui s'y sont attardés ont généralement concentré leurs efforts sur les mécanismes mêmes de la prise de pouvoir par l'armée plutôt que sur les conditions sociales qui y ont présidé. Néanmoins, trois explications théoriques ressortent des travaux de ces chercheurs.

La première tient compte des antécédents coloniaux (type de colonialisme) comme éléments décisifs pour expliquer l'apparition d'un coup d'état. La seconde se rapporte à un phénomène de contagion; la «maladie» du coup d'état pouvant rapidement gagner des pays voisins. La dernière explication concerne la stabilité politique d'un pays ayant nouvellement accédé à l'indépendance. C'est ainsi que, pour les nations africaines, le sociologue américain A.R. Zolberg soutient qu'un coup d'état se produira dans les cinq ans suivant l'accession à l'indépendance.

Se basant sur ces théories, de son côté, pour retracer les véritables causes d'un coup d'État, le professeur Allan Wells, du Newcomb College de l'Université de Tulane, a passé en revue quelque 35 coups d'État survenus en Afrique, au cours des 20 dernières années.

Il a commencé par assigner un indice à chaque pays étudié; plus la valeur de cet indice est élevée, plus le pays a connu de tentatives de renversement du pouvoir, de tentatives avortées et de complots, depuis sa création. Pour s'écarter de la subjectivité dont avait fait preuve le professeur Zolberg, il a fait la somme de ces événements et les a divisés par le nombre d'années écoulées depuis l'accession à l'indépendance. Ainsi, il a obtenu cet indice qui indique le nombre moyen d'activités subversives s'étant produites dans un pays donné.

Selon cette valeur, le Burundi, le Congo (Brazzaville et Kinshasa), le Dahomey et le Niger ressortent comme des pays politiquement très instables, ce à quoi il fallait bien s'attendre. D'autre part, le Cameroun, le Chad et le Libéria font figure de pays politiquement très structurés, avec un indice de soulèvements populaires ou militaires, le professeur Wells a ensuite fait des corrélations entre divers facteurs socio-économiques susceptibles d'avoir donné naissance à ces coups d'État.



▲ MODELE DE COUP D'ÉTAT — Dans ce schéma, les facteurs socio-économiques et la faiblesse de l'organisation gouvernementale se combinent pour pousser le peuple à se soulever. Les tentatives de renversement des gouvernements passent souvent par l'élite militaire parce que celle-ci forme la seule force capable de se liquer contre la classe dirigeante. Là où le militarisme est moins important, les tentatives de coup d'état peuvent être aussi nombreuses mais risquent plus certainement de courir à l'échec.

Ainsi, la **population**, si elle est trop nombreuse, et la **croissance démographique**, si elle est trop rapide, compliquent la tâche des dirigeants de l'État. L'**urbanisation**, qui affiche de façon flagrante les inégalités entre riches citadins et pauvres paysans, suscite parfois des soulèvements. La **centralisation** des pouvoirs en une seule région du pays, la capitale, facilite la tâche des usurpateurs du pouvoir. L'**éducation** des masses, qui offrent un large auditoire aux idées révolutionnaires joue aussi en faveur de ces derniers. De même, le foisonnement de **moyens de communication** favorise la mise au grand jour des problèmes sociaux et des erreurs de parcours des gouvernements et contribue dans le même sens. Et, enfin, une **croissance économique** faible rend fatalement plus facile la manipulation des peuples fatigués de souffrir de l'incapacité de leurs dirigeants. Cependant, les sociologues n'ont jamais pu déterminer l'importance relative de ces divers facteurs.

Le professeur Wells a voulu en avoir le cœur net. Il a confronté ces paramètres sociaux avec la réalité des 35 coups d'État passés en revue dans son étude. Il en ressort que les facteurs dominants sont: l'**éducation des masses** et la **multiplicité des organes d'information**. En fait, ces deux facteurs présentent une grande corrélation avec l'indice de soulèvement. Ainsi, pour les pays «chauds», où les soulèvements ont été fréquents comme au Dahomey, le niveau d'éducation et le nombre des moyens de communication sont supérieurs à ceux des pays moins activistes (comme le Libéria). Tous ces facteurs sociaux ont leur importance, mais il ne faut pas oublier l'armée elle-même, sa force a son importance. Ainsi, au sein d'un pays où les militaires sont nombreux et disposent d'un équipement moderne; ils auront plus de facilité à renverser le gouvernement.

Toutefois, les influences extérieures (qu'elles soient américaines ou soviétiques) perturbent souvent l'échiquier politique de ces pays. Elles compliquent donc la tâche des prévisionnistes des coups d'État.

# La science moucharde

Au cours des dernières années, les sociétés de technologie avancée ont mis au point une multitude d'appareils pour défendre et assurer la sécurité des installations militaires. Elles tentent maintenant de vendre ces barrières de rayons laser, détecteurs de camions, caméras nocturnes et systèmes de communication avancés aux grandes organisations policières des pays occidentaux.

## Sur la piste des cadavres

Au premier Congrès international sur les méthodes électroniques de lutte contre le crime, tenu à Edinbourg, Écosse, en juillet 1973, les scientifiques ont donné plusieurs conférences sur l'équipement policier moderne. Le compte-rendu de cette conférence a été publié dernièrement lors du second congrès tenu à l'Université du Kentucky, aux États-Unis. Les conférences les plus spectaculaires ont sans aucun doute porté sur la détection des cadavres.

En effet, si jamais un gangster vous assassine, et cache votre cadavre quelque part dans la nature, vous risquez de donner bien des maux de tête aux policiers. Dans la campagne, par exemple, on a calculé qu'il fallait disposer de 200 hommes-jours par kilomètre carré pour retrouver un corps. Lorsque la région suspecte comprend en plus des marécages, des boisés et des buissons épais, il faut alors mobiliser encore beaucoup plus de monde.

M. A. T. Torlesse, de la société britannique Plessey, a expliqué qu'on pouvait d'abord rechercher des indices chimiques, car, la décomposition chimique du corps commence dès la mort. En peu de temps, le sang perd toute habilité à se coaguler et s'accumule dans les parties inférieures. Ensuite, la putréfaction commence avec l'intervention des enzymes, des bactéries et des insectes. Le cadavre devient rapidement un véritable écosystème grouillant de vie. Après 36 heures, en G.-B., la putréfaction montre ses premiers signes visibles, décoloration de la peau et légère odeur. Après une semaine, la production de gaz gonfle le ventre et les parties molles et provoque l'expulsion de gaz et de liquides par les orifices. Des cloques se forment sur la peau, éclatent et se gonflent à nouveau. Exceptionnellement, une momification peut survenir dans un environnement très sec, lorsque toute l'eau du corps s'évapore rapidement. La graisse se transforme alors par hydrolyse en une substance appelée adipocire, cire à forte odeur ammoniacale. Par contre, au cours d'une décomposition normale, le corps libère du bioxyde de carbone, du sulphure d'hydrogène, du bioxyde de soufre, des gaz d'ammoniaque et de diméthyl sulfate. Déjà, au Vietnam, les Américains ont mis au point des « nez » chimio-électroniques sensibles à l'ammoniaque formé par la fermentation microbienne de la sueur. D'ailleurs, la façon classique de rechercher un cadavre enterré consiste à planter une mince tige de métal dans le sol et à en sentir l'extrémité.

Lorsqu'il faut inspecter de grandes surfaces, par contre, il faut recourir à la photographie aérienne. La fosse improvisée modifie les paramètres physiques de l'environnement de plusieurs façons, que ce soit seulement la texture et la couverture végétale. Généralement, le sol est plus sec au-dessus du cadavre, ce qui réduit sa capacité thermique. Il se refroidit et se réchauffe plus rapidement au lever et au coucher du soleil. Lorsque la

fosse est profonde, la diminution de l'humidité ralentit la croissance des plantes, mais plus tard, lorsque les produits de la décomposition auront enrichi le sol, une flore luxuriante va se développer. C'est pourquoi des films sensibles aux émanations de chaleur (rayons infrarouges) vont faire se trahir les fosses dissimulées. De plus, sur une photo infrarouge, les régions de végétation sous-développée apparaissent en orange, tandis que la végétation abondante donne un rouge brillant.

La cie Plessey n'en est encore qu'aux études préliminaires. De son côté, la Calspan Corporation, de Buffalo, aux USA, a déjà commencé à vérifier l'efficacité d'un petit radar capable de détecter l'écho d'un animal enfoui dans le sol.

## Photographier l'invisible

La détection des cadavres n'occupe pas tout le temps des Sherlock Holmes de la science. Une de leur dernière invention, l'holographie, photographie en trois dimensions par rayon laser, a aussi été mise à contribution. Ainsi, en faisant interférer deux photos holographiques, l'une d'un tapis ordinaire et une autre du même tapis après le passage d'un voleur, le laser montre clairement des traces de pas sur le tissu qui reprend lentement sa forme originale. La grande sensibilité de cette



méthode a permis de photographier des traces de pas « invisibles » jusqu'à six heures après le départ de l'intrus, en laboratoire.

Les clients policiers se sentent parfois désarmés devant autant d'astuces. Par contre, ils doutent encore beaucoup de l'efficacité de ces gadgets sophistiqués. Tout de même, les voleurs devraient se dépêcher, à moins qu'ils se mettent eux aussi à l'heure de l'électronique. Ce serait encore une autre escalade technologique dont l'humanité pourrait bien se passer.

### ☆ LE NAUTILUS ☆

roches, minéraux,  
coquillages, insectes

matériel et outils pour a-  
mateurs, lapidaires, ento-  
mologistes, naturalistes...

#### CATALOGUE GRATUIT

à Montréal: 4840, rue St-Denis  
Tél: 849-7409

(magasin ouvert du lundi au samedi)

à Québec: 16, rue Petit-Champlain  
Tél: 692-1631

(le samedi seulement)

## PARUTIONS RECENTES

### LA RÉVOLUTION DU CERVEAU



par Marilyn Ferguson, Calmann-Lévy, Paris, 1974, 372 pages, environ \$11.90

Choisissez un sujet brûlant d'actualité, le cerveau, par exemple. Collectionnez les articles de journaux, de revues scientifiques et les comptes rendus de congrès qui traitent de ce sujet. Retenez seulement les résultats les plus spectaculaires et les plus controversés. Mettez le tout bout à bout et vous aurez un best-seller à odeur scientifique qui laissera son lecteur complètement abasourdi. Appelons cela de la science pop instantanée. Le livre de Marilyn Ferguson est exactement dans le genre.

En fait, il constitue un recueil complet des articles publiés jusqu'ici sur des sujets aussi croustillants que la rétroaction biologique, la télépathie, la préconnaissance, la communication extrasensorielle, l'aura, la psychokinésie, les phénomènes «psi», etc. Mme Ferguson a mis sur le même pied des hypothèses unijambistes, des résultats très fragmentaires et des travaux de pionniers sérieux (sur la rétroaction biologique, par exemple) pour donner une salade tout à fait mystifiante.

La longue liste de résultats isolés qu'elle mentionne, le nombre de personnes qui assistent à des conférences sur la parapsychologie et la quantité de chercheurs qui étudient ces questions ne prouvent qu'une chose, le cerveau est probablement le champ de recherche le plus difficile auquel la science se soit attaquée. Nous sommes encore en période de défrichage et, il ne faut pas s'en faire, la réalité dépassera probablement encore une fois la science fiction que nous sert Mme Ferguson.

### CARTOMATIQUE

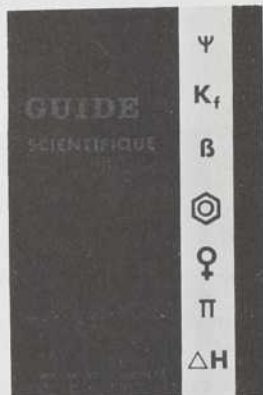
Système de documentation cartographique, Bibliothèque de l'Université Laval, Québec G1K 7P4. Téléc: 011 3560, téléphone: (418) 656-3441

En association avec la Bibliothèque nationale du Canada, à Ottawa, le service d'analyse et d'indexation de la bibliothé-

que de l'Université Laval a regroupé sur microfilm les documents cartographiques des thèses, revues, livres et autres publications d'intérêt pour les géographes et les étudiants en géographie. Pour un premier groupe d'intéressés, un sélecteur optique, couplé à un copieur, reproduit rapidement une copie de la description des documents inventoriés. **Cartomatique** fournit aussi copie du document lorsque le chercheur en fait la demande, après avoir obtenu les droits de reproduction.

Les sources de la banque documentaire couvrent les thèses de maîtrise et de doctorat des universités de Montréal, McGill et Laval, de même que *Le Naturaliste Canadien*, *Les Cahiers de géographie de Québec*, *Annals of the Association of American Geographers* et les documents du Centre d'études nordiques.

### GUIDE SCIENTIFIQUE

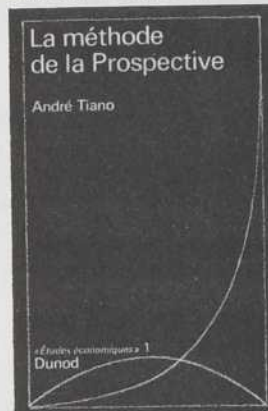


par P.-A. Breton, H. Roigt et J.-P. Schiltz, Les Éditions BRS, Trois-Rivières, Québec, 1974, 425 pages, \$9.75  
 Disponible dans les librairies et chez l'éditeur: 5355 Montreuil, Trois-Rivières Ouest, G8Y 3X5

Enfin, un guide scientifique («handbook») en français pour les étudiants et les scientifiques québécois.

Écrit par trois professeurs du département de chimie du cégep de Trois-Rivières, ce guide devrait devenir le compagnon fidèle de tout étudiant en sciences de niveau collégial. Il possède aussi suffisamment de ressources pour accompagner l'étudiant universitaire en chimie jusque pendant l'exercice de sa profession. L'accès en est aisé, les tableaux sont clairs, son format est de poche, sa reliure lui garantit plusieurs consultations et son prix est environ trois à quatre fois moins cher que les «handbook» traditionnels.

### LA MÉTHODE DE LA PROSPECTIVE



par André Tiano, Dunod, Montréal, 1974, 208 pages, \$16.25

Le livre de M. André Tiano, professeur à l'Université de Montpellier-1, constitue la première synthèse, en français, de la méthode prospective. Jusqu'ici on disposait seulement d'articles dans des revues scientifiques ou de recueils de ces articles. Le novice s'y retrouvait difficilement et avait toujours l'impression qu'il lui manquait des éléments essentiels. Maintenant, il aura à sa disposition un ouvrage qui constitue une pierre d'assise solide et complète avant de partir à l'assaut du futur.

Les exemples sont abondants et les divisions claires et nettes (M. Tiano a enseigné dans une université américaine), ce que l'on commence à retrouver de plus en plus souvent dans les manuels écrits en France. La méthode de prévision du futur qu'il décrit comprend trois phases: l'analyse du présent, l'exploration du futur et le retour au présent. En effet, l'appréhension du futur n'a qu'un but, influencer les décisions qu'il faut prendre dès aujourd'hui. L'ouvrage s'adresse à un public non spécialisé de planificateurs, d'économistes et de chercheurs intéressés à la rationalisation du processus de décision.

Enfin, l'auteur a écrit une introduction captivante où il passe en revue toute la littérature de science fiction de la fin du XIXe siècle et du XXe siècle.

### THE ASSESSMENT OF NUTRITIONAL STATUS

Rapport des délibérations du MILES SYMPOSIUM 1973 tenu à l'Université de Saskatchewan, sous l'égide de la Société canadienne de nutrition. Publié par la société Miles Laboratories, 77 Belfield Road, Rexdale, Ontario M9W 1G6

En juin 1973, des spécialistes de la nutrition se réunissaient à l'Université de Saskatchewan. Une dizaine d'orateurs

prenaient alors la parole pour faire part de leurs études en diététique, biochimie et statistique de la nutrition. Le rapport final, qui vient tout juste d'être publié, rend compte des conférences entendues à ce symposium et des discussions qu'elles ont suscitées.

Avec le coût toujours croissant des denrées alimentaires et des habitudes de vie sans cesse perturbées par la vie moderne, nous nous nourrissons de plus en plus mal. Lors de ce symposium, par exemple, le Dr Estelle Mongeau, de l'Institut de diététique et de nutrition de l'Université de Montréal, a rappelé la difficulté de mesurer avec précision la diète de chaque individu. Elle a aussi souligné que les sciences de la nutrition doivent être orientées d'après les objectifs suivants: établir les causes des anomalies fonctionnelles d'origine diététique; classer les populations en fonction des risques nutritionnels qu'elles courent; identifier les groupes de populations pour lesquels les risques de mauvaises habitudes alimentaires peuvent être élevés, et enfin, mettre sur pied des programmes de nutrition préventive ou corrective, suivant les cas.

Ce rapport relate les efforts des nutritionnistes pour dépister les problèmes causés par une mauvaise nutrition. Il fait aussi le point sur les tentatives de mise en application de campagnes du bien manger.

### POLLUTION ET PROTECTION DE L'ATMOSPHERE



par le Dr Matei Barnea, Éditions Eyrolles, Paris, 1974, 307 pages, \$23.75

La pollution de l'air affecte un matériau dont nous aspirons de grandes bouffées 15 à 16 fois par minute. Sa protection nous concerne au plus haut point.

Pourtant notre société industrielle l'additionne de diverses substances nocives au rythme annuel de 80 mégatonnes (millions de tonnes) de bioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), de 300 mégatonnes d'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S) et de 30 à 40 mégatonnes d'oxyde d'azote. Le livre de M. Barnea s'adresse aux étudiants en écologie et aux ingénieurs qui seront de plus en plus appelés à combattre le problème à sa

source. La première partie donne des armes aux premiers en expliquant en détails les divers effets de la pollution de l'air. La seconde partie passe en revue les divers appareils qui permettront aux seconds de capter les poussières et les gaz polluants à l'usine même.

### ILES SOUS LE SOLEIL DE MINUIT, L'étude du plateau continental polaire

Service des relations publiques et de l'information, Information Canada, 1974, 20 pages  
Disponible gratuitement sur demande à Information Canada, 171 rue Slater, Ottawa

«Les températures exceptionnellement basses du mois d'avril, ainsi que plusieurs accidents malheureux, nous ont empêchés d'installer une station d'enregistrement à plus de 200 kilomètres de la terre la plus rapprochée... Le mouvement de la banquise s'est accru considérablement au cours de l'étude et le campement installé sur les glaces s'est déplacé vers le nord-est sur une distance totale de 25 kilomètres en moins d'un mois...»

Ce cours passage tiré de cette publication scientifique illustre dans quel esprit elle a été écrite. Ce n'est pas pratique courante de relater de tels faits dans les rapports scientifiques modernes. Les auteurs, deux sismologues du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources ont senti le besoin de faire part de leur expérience dans l'Arctique et des problèmes peu communs auxquels ils ont eu à faire face.

Le lecteur constatera que malgré un plan de recherche bien établi, de nombreux impondérables forcent parfois les «explorateurs» de l'Arctique à faire preuve de sang froid et d'ingéniosité, pour arriver à ramener leurs données.

## BIBLIOGRAPHIE

### LE CERVEAU, UN CASSE-TÊTE

- John Rowan Wilson et les rédacteurs de Life, **LE CERVEAU ET LA PENSÉE**, *Le Monde des Sciences, Collections Life*, 1968
- THE HUMAN BRAIN**, *Science Journal, Paladin, Londres*, 1972

### UNE USINE DE CIMENT NUCLÉAIRE

- US Atomic Energy Commission, **LES ACCÉLÉRATEURS** (en français), brochure disponible en écrivant à US Atomic Energy Commission, P.O. Box 62, Oak Ridge, Tennessee, USA 37831
- Robert R. Wilson et Raphael Littauer, **ACCELERATORS, MACHINES OF NUCLEAR PHYSICS**, *Anchor Books, Wesleyan University Press, Columbus 16, Ohio, USA*, 1960
- Robert Gouiran, **PARTICULES ET ACCÉLÉRATEURS**, *L'Univers des connaissances, Hachette, Paris*, 1967
- Enrico Persico, Ezio Ferrari et Sergio E. Segre, **PRINCIPLES OF PARTICLE ACCELERATORS**, *W.A. Benjamin, New York*, 1968

### LE DOSSIER NOIR DE L'EAU POTABLE

- ÉTUDE DE LA QUALITÉ DES EAUX DU FLEUVE SAINT-LAURENT, TRONÇON VARENNES-MONTMAGNY, *Services de protection de l'environnement, Gouvernement du Québec, mars 1974*
- John R. Vallentyne, **THE ALGAL BOWL, LAKES AND MAN**, *Environnement Canada, Service des pêches et des sciences de la mer, Ottawa*, 1974

### SURPOPULATION, UN FAUX PROBLÈME?

- LE COURRIER DE L'UNESCO**: deux numéros spéciaux sur le thème de l'Année mondiale de la population (1974), mai et juillet-août 1974
- SCIENTIFIC AMERICAN**: numéro spécial de septembre 1974 sur la population du monde
- COMPTES RENDUS** du 41<sup>e</sup> congrès de l'Association canadienne-française pour l'avancement des sciences (ACFAS): plusieurs communications sur la démographie au Québec

# A BONNES REVUES ...ABONNE-TOI !

## DE LA DÉTENTE À LA CONNAISSANCE

- Nouveau Pilote**.. 1 an/13 numéros: \$12.00
- Psychologie** ..... 1 an/12 numéros: \$18.75
- Science et Vie** , 1 an/12 numéros: \$15.00
- Vie des Bêtes** .. 1 an/12 numéros: \$12.00
- Historia** ..... 1 an/12 numéros: \$19.00
- Atlas** ..... 1 an/12 numéros: \$15.60
- Paris-Match** ..... 1 an/52 numéros: \$42.00  
 6 mois/26 numéros: \$21.50
- Maison de Marie-Claire** .....  
 1 an/12 numéros: \$11.00
- La Recherche**.....  
 1 an/11 numéros: \$19.75



à renvoyer à BIBLIOTECA, a/s le magazine QUÉBEC SCIENCE, C.P. 250, Sillery, Québec, G1T 2R1

408-81A

AGENCE INTERNATIONALE D'ABONNEMENTS  
**PERIODICA**  
INTERNATIONAL SUBSCRIPTION AGENCY

Veillez m'abonner  ou abonner la personne ci-dessous désignée  aux revues que j'ai cochées   
 et que je paie à PERIODICA Inc. par  chèque,  mandat poste de \$ .....  
 ou par  CHARGEX,  MASTER CHARGE Carte No. ....

**Mon adresse**

nom ..... prénom ..... ma signature .....  
 adresse ..... app. no ..... localité ..... code postal .....

**Je désire abonner**

nom ..... prénom .....  
 adresse ..... app. no ..... localité ..... code postal .....

S'il s'agit d'un abonnement cadeau, PERIODICA adressera gratuitement une carte de souhaits de votre part.

écrivez vos souhaits ..... carte signée .....

Hâtez-vous de faire votre choix, car ces prix ne peuvent être garantis au-delà de 30 jours.  
 Il peut s'écouler un délai de 10 à 12 semaines avant que l'abonné ne reçoive des éditeurs le 1er numéro

## EN VRAC

### L'HORLOGE DE L'APOCALYPSE

Les aiguilles de l'horloge de l'Apocalypse indiquent désormais minuit moins neuf. Symbole de la menace de catastrophe nucléaire qui pèse sur l'humanité depuis la seconde guerre mondiale, cette horloge apparaît en page couverture du *Bulletin des atomistes*, bulletin fondé par ceux-là même qui contribuèrent à mettre au point la première bombe atomique. Depuis 1972, il n'était que minuit moins douze. Les raisons qui ont fait s'avancer la grande aiguille si près de l'heure fatidique, sont la faillite des USA et de l'URSS à s'entendre sur la limitation des armes stratégiques, le développement effréné de nouveaux explosifs, le premier essai d'explosion nucléaire indien, etc... Lors de sa première apparition, en 1947, l'horloge marquait minuit moins sept. Depuis ce temps, on a changé sept fois la position de l'aiguille dans un sens ou dans l'autre, selon qu'il s'agissait d'un progrès ou d'un recul de la menace nucléaire.

### DES SAVONS QUI TUENT

L'usage trop abondant de savon d'odeur par un souci de propreté, si répandu en Amérique du Nord, peut s'avérer dangereux. La panacée mise de l'avant depuis des années par l'industrie du savon (200 millions de dollars par an) avec des marques comme Dial, Lifebuoy et Irish Spring, n'en est sans doute pas une: une étude du gouvernement américain a révélé —et même prouvé— que ces savons contiennent des germicides dans une proportion telle qu'ils peuvent détruire des germes indispensables à la défense de l'organisme humain. En conséquence, les fabricants devront modifier la composition de leurs savons pour les rendre inoffensifs. Une fois de plus, l'argent n'aura pas d'odeur!

### POUR VOUS METTRE EN APPÉTIT

Le correspondant de *Québec Science* pour l'Europe, Fabien Gruhier, participera au Congrès mondial de l'alimentation qui se tient ce mois-ci à Rome. Surveillez bien notre numéro de janvier prochain: nul doute que son article sur le sujet apportera un point de vue nouveau sur le problème.

### DES MOTS STATISTIQUES

Tout le monde connaît la facilité avec laquelle les politiciens jonglent avec les statistiques officielles. Mais lorsque ce sont les politiciens qui accusent les statisticiens de jongler avec les mots, rien ne va plus. Accusée par le ministre des finances, M. John Turner, d'utiliser des mots comme «stagflation» et «récession» dans son rapport d'août dernier, la statisticienne en chef du Canada, Sylvia Ostry, a évidemment nié que son rapport officiel fasse usage de tels mots. Vérification faite, ces

mots n'y apparaissent pas. Mais le Dr Ostry n'en a pas moins insisté sur la nécessité de faire usage de mots pour rendre les statistiques intelligibles. Pour une fois que des scientifiques cherchaient à se faire comprendre...

### QUE FAITES-VOUS?

*Québec Science* aimerait beaucoup rendre compte des activités de ses lecteurs dans le cadre de cette chronique. Ne vous gênez pas pour nous écrire et nous signaler vos découvertes, vos projets et vos réalisations. Nous sommes également disposés à publiciser vos activités (congrès, symposium, colloques, conférences, etc...). Il suffit pour cela de nous en faire parvenir avis à l'adresse habituelle en mentionnant toutefois «EN VRAC» sur l'enveloppe. Dites-nous le plus tôt possible (deux mois avant l'événement prévu), les imprimés n'ayant malheureusement pas l'instantanéité de la presse électronique. N'oubliez pas non plus de bien préciser le lieu, la date et l'heure. Ce sont là des contingences indispensables si vous désirez que les gens s'y rendent...

### 100 ANS, 100 ANS, C'EST PAS BEAUCOUP

Connu et utilisé par la plupart des gens actuellement vivants, le téléphone fait à ce point partie de notre vie quotidienne que fort peu de personnes, à moins de circonstances extraordinaires, s'en préoccupent. De fait, l'invention d'Alexandre Graham Bell (la plus connue et la plus répandue seulement, car «cet obsédé de la communication» a inventé bien d'autres choses), le téléphone, a cent ans. Pour souligner l'événement, la revue *En quête*, publiée par la direction de l'information du ministère fédéral des communications, a consacré un numéro spécial au téléphone. On peut s'en procurer un exemplaire au coût de un dollar en écrivant à Information Canada, 171 rue Slater, Ottawa K1A 0S9. Aucune commande téléphonique n'est acceptée...

### JUPITER FAIT DES JALOUX

Le Dr C.T. Kowal, astronome à l'Observatoire Hale du Mont Palomar, annonce la découverte d'une nouvelle lune! Il y a quelques semaines, confrontant quelques-uns des clichés captés au télescope Schmidt (diamètre: 122 cm), le Dr Kowal a noté la présence d'un objet de faible luminosité (environ 400 000 fois moins lumineux que les plus faibles étoiles perceptibles à l'œil nu) se déplaçant lentement au voisinage de la planète Jupiter. Le chercheur californien a conclu que cet objet faisait partie du groupe des lunes de la planète géante. Ainsi, le nombre des lunes de Jupiter passe à 13. Certains astronomes ont déjà fait part de leur septicisme à l'annonce de la découverte de la lune du Dr Kowal. «Ce n'est qu'un vulgaire

astéroïde égaré dans les parages de Jupiter!», disent-ils. En attendant que les «voyeurs d'étoiles» s'entendent entre eux, la «treizième lune» suit son cours avec les autres lointains satellites de la massive planète. Elle tourne autour de Jupiter en sens opposé à celui des aiguilles d'une montre et confirme par là son appartenance à la géante.

### LE PRÉSIDENT FORD NE LIT PAS QUÉBEC SCIENCE

Si le président des États-Unis, Gerald Ford, avait lu notre numéro d'octobre dernier, il n'aurait sans doute pas accordé son pardon à Richard Nixon. En effet, en page 37, on peut y lire ce qui suit: «Une recherche menée par l'Américain Milton Ro-keach révèle que si beaucoup d'Américains placent le salut éternel en tout premier lieu dans leur échelle de valeur, bien peu d'entre eux considèrent important de pardonner aux autres.» Et c'est sans doute par ce trait de psychologie collective qu'on peut expliquer en partie les clamours soulevées par ce pardon présidentiel. Il faut dire cependant, à la décharge de M. Ford, que son pardon a été prononcé bien avant que ne paraisse notre numéro d'octobre.

### L'ÂME EXISTE

Enfin, un physicien a réussi à démontrer l'existence de l'âme. Dans son dernier livre, *L'Homme et l'univers*, Jean E. Charon, spécialiste de la relativité générale, explique comment on peut associer à chaque point de l'espace-temps une énergie d'indice  $\Sigma 1, 2, 3...$  Le rayonnement sigma d'indice 1 est celui émis par le soleil, les étoiles et les lampes de poche. Par contre, les structures vivantes auraient pour fonction de concentrer les rayonnements d'indice supérieur, 2, 3, 4, etc. L'auteur appelle ce rayonnement la **projection** de la personne humaine. De plus, la **projection** se maintiendrait après la dislocation de notre être matériel. En d'autres mots, les rayonnements  $\Sigma 2, 3, ...$  garantiraient donc notre survivance après la mort. Les scientifiques n'ont pas fini de se moquer du dernier livre du savant philosophe. Ils lui demanderont sans doute où se trouve le ciel. Pourtant, le don de vulgarisateur de Jean Charon et son indomptable esprit de synthèse font de *L'Homme et l'univers* un livre fascinant. N'a-t-on pas déjà dit que les scientifiques du XXe siècle avaient pris la relève des philosophes d'antan. Ce livre en donne la preuve une fois de plus.

## ne prêtez plus votre magazine

Je suis conscient(e) qu'on ne peut améliorer un magazine s'il est sans cesse prêté, photocopié ou consulté en bibliothèque publique.

Je suis conscient(e) aussi que l'originalité, la qualité et le prix du magazine QUÉBEC SCIENCE sont tels qu'il devrait être entre les mains du plus grand nombre.

J'ai décidé de ne plus prêter mon exemplaire

NOM \_\_\_\_\_

ADRESSE \_\_\_\_\_  
numéro rue appartement  
ville \_\_\_\_\_ CODE POSTAL \_\_\_\_\_

NUMÉRO D'ABONNÉ \_\_\_\_\_

et aussi de tenter ma chance de gagner 50 volumes de la collection MARABOUT-UNIVERSITÉ (voir p.51).

## IL VOUS EN MANQUE ?

Veillez trouver ci-joint mon paiement (chèque ou mandat) au montant de \$ \_\_\_\_\_ pour \_\_\_\_\_ exemplaires des numéros antérieurs suivants au prix de \$0.75 l'unité.

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Vol. 12, no 1 | <input type="checkbox"/> Vol. 12, no 6  |
| <input type="checkbox"/> Vol. 12, no 2 | <input type="checkbox"/> Vol. 12, no 7  |
| <input type="checkbox"/> Vol. 12, no 3 | <input type="checkbox"/> Vol. 12, no 8  |
| <input type="checkbox"/> Vol. 12, no 4 | <input type="checkbox"/> Vol. 12, no 9  |
| <input type="checkbox"/> Vol. 12, no 5 | <input type="checkbox"/> Vol. 12, no 10 |

NOM \_\_\_\_\_

ADRESSE \_\_\_\_\_  
numéro rue appartement  
ville \_\_\_\_\_

CODE POSTAL \_\_\_\_\_

Postez le tout accompagné de votre paiement à l'ordre de:

**LE MAGAZINE QUÉBEC SCIENCE**  
Case postale 250  
Sillery, Québec  
G1T 2R1

## VENDEZ-LE!

J'abonne

(ou fais s'abonner et participer au concours Marabout-Québec Science)

il s'agit d'un cadeau

il ne s'agit pas d'un cadeau

NOM \_\_\_\_\_

ADRESSE \_\_\_\_\_  
numéro rue appartement  
ville \_\_\_\_\_ CODE POSTAL \_\_\_\_\_

NOM \_\_\_\_\_

ADRESSE \_\_\_\_\_  
numéro rue appartement  
ville \_\_\_\_\_ CODE POSTAL \_\_\_\_\_

NOM \_\_\_\_\_

ADRESSE \_\_\_\_\_  
numéro rue appartement  
ville \_\_\_\_\_ CODE POSTAL \_\_\_\_\_

NOM \_\_\_\_\_

ADRESSE \_\_\_\_\_  
numéro rue appartement  
ville \_\_\_\_\_ CODE POSTAL \_\_\_\_\_

### TARIFS D'ABONNEMENT\*

1 an / 12 numéros

- |                                    |                 |                |                 |
|------------------------------------|-----------------|----------------|-----------------|
| <input type="checkbox"/> régulier: | \$ 8.00 X _____ | abonnement(s): | \$ _____        |
| <input type="checkbox"/> étudiant: | \$ 6.00 X _____ | abonnement(s): | \$ _____        |
| <input type="checkbox"/> étranger: | \$15.00 X _____ | abonnement(s): | \$ _____        |
|                                    |                 |                | total: \$ _____ |

Postez le tout accompagné de votre paiement à l'ordre de:

**LE MAGAZINE QUÉBEC SCIENCE**  
Case postale 250  
Sillery, Québec  
G1T 2R1

\* Tarifs en vigueur jusqu'au 31 mai 1975

ne prêtez plus votre magazine

# VENDEZ-LE!

Comme nous désirons améliorer sans cesse votre magazine, il est très important pour nous que le nombre d'abonnés s'accroisse, nous permettant ainsi de faire porter sur un plus grand nombre le coût des améliorations envisagées et de satisfaire davantage de lecteurs.

C'est pourquoi nous avons pensé, plutôt que de dépenser de l'argent en publicité, vous demander de trouver de nouveaux abonnés à QUÉBEC SCIENCE. Non pas que nous soyons en baisse. Au contraire, notre tirage a augmenté de plus de 30% au cours de l'année dernière. Mais nous sommes persuadés que, comme nous, vous désirez que QUÉBEC SCIENCE atteigne le plus large public possible.

Et qui d'autre est mieux placé que vous, pour convaincre votre entourage de s'abonner à QUÉBEC SCIENCE? Utilisez les coupons-réponse qui vous ont déjà été expédiés par la poste, ceux en page 50 ou des fac-similés.

De plus, le groupe SOGIDES, distributeur au Québec des éditions MARABOUT, vous offre de gagner 50 volumes de la collection MARABOUT-UNIVERSITÉ. 25 autres volumes de la même collection iront à l'un des nouveaux abonnés ainsi recrutés.

Dorénavant, refusez de prêter votre exemplaire de QUÉBEC SCIENCE à vos amis: vendez-leur un abonnement!

## PRIX OFFERTS

À tout abonné qui en recrute un autre (une chance par année d'abonnement vendu): 50 volumes de la collection Marabout-Université.

À tout nouvel abonné qui s'inscrit d'ici au 15 novembre 1974: 25 volumes de la collection Marabout-Université.

## DURÉE DU CONCOURS

Du 15 septembre 1974 au 15 novembre 1974

## MODE DE PARTICIPATION

Se servir des coupons-réponse en page 50 (ou d'un fac-similé). Remplir en lettres moulées. Écrire votre nom, votre adresse et, autant que possible, votre numéro d'abonné, sur l'autre face du coupon et nous poster le tout accompagné du paiement.

## PARTICIPANTS

Tous les abonnés de QUÉBEC SCIENCE peuvent se prévaloir du droit de concourir, à l'exception des membres du personnel, rédacteurs, représentants et collaborateurs du magazine.

## TIRAGE ET REMISE DES PRIX

Le tirage au sort des noms des deux gagnants sera effectué le 16 novembre 1974 et un représentant du groupe SOGIDES, distributeur au Québec de Marabout, remettra les prix au cours de la semaine suivante.

### POUR VOUS

L'homme: Le corps  
L'homme: Le cerveau  
Encyclopédie du monde animal (t.2)  
Encyclopédie du monde animal (t.3)  
Encyclopédie du monde animal (t.4)  
Étoiles et galaxies  
La conquête de l'air (t.1)  
La conquête de l'air (t.2)  
Vivrons-nous plus jeunes plus longtemps?  
Louis Pasteur  
L'exploration spatiale  
La mathématique moderne  
La psychosomatique médecine de demain  
La révolution de l'électronique  
Histoire de l'astrologie  
Comprendre la statistique  
L'univers de l'archéologie (t.1)  
L'univers de l'archéologie (t.2)  
La télévision  
Vivre dans l'espace  
L'ordre biologique  
La nature des lois physiques  
Les migrations animales  
Le merveilleux dans le règne animal  
Hommes et singes  
La révolution biologique  
Histoire de l'alchimie  
Le langage secret des animaux  
La science de l'an 2000  
La médecine moléculaire  
Pour une politique de l'énergie  
Le bruit et ses méfaits  
Comprendre la chimie  
Le dictionnaire des métaux non ferreux  
DARWIN: L'origine des espèces  
Rythmes biologiques, rythmes cosmiques  
FONTENELLE: Entretiens sur la pluralité des mondes  
HELVETIUS: De l'esprit  
BICHAT: Recherches physiologiques sur la vie et la mort  
Ce que Freud a vraiment dit  
Ce que Marx a vraiment dit  
Ce que Jung a vraiment dit  
SPENCER: De l'éducation intellectuelle, morale et physique  
Ce que Gandhi a vraiment dit  
Ce que Teilhard a vraiment dit  
Ce que Reich a vraiment dit  
La biologie: les structures  
La biologie: les êtres vivants  
La communication  
Ce que Mao a vraiment dit

### POUR VOS AMIS

L'homme: Le corps  
Encyclopédie du monde animal (t.2)  
Encyclopédie du monde animal (t.4)  
La conquête de l'air (t.1)  
Vivrons-nous plus jeunes plus longtemps?  
L'exploration spatiale  
La mathématique moderne  
La révolution de l'électronique  
Comprendre la statistique  
L'univers de l'archéologie (t.2)  
La télévision  
L'ordre biologique  
La nature des lois physiques  
Le merveilleux dans le règne animal  
Histoire de l'alchimie  
Le langage secret des animaux  
La médecine moléculaire  
Le dictionnaire des métaux non ferreux  
Rythmes biologiques, rythmes cosmiques  
BICHAT: Recherches physiologiques sur la vie et la mort  
Ce que Jung a vraiment dit  
SPENCER: De l'éducation intellectuelle, morale et physique  
Ce que Teilhard a vraiment dit  
Ce que Reich a vraiment dit  
Ce que Mao a vraiment dit

# IL VOUS EN MANQUE ?

Pour l'une ou l'autre raison vous avez peut-être raté un ou plusieurs numéros du volume 12 de QUÉBEC SCIENCE. Postez tout de suite votre commande: il n'en reste que très peu.

## Vol. 12, no 1 / septembre 1973

Se laisser polluer par le confort, l'argent et l'huile  
La tordeuse ne passera pas  
Faire taire le bruit  
Énergie nucléaire: le triomphe de CANDU  
Les équations du futur



## Vol. 12, no 6 / février 1974

La neige cette inconnue  
Neige des villes et neige des champs  
Un cratère lunaire en plein Québec  
Une vague odeur de pétrole  
Trouver des remèdes aux médicaments  
À la recherche de nos ancêtres

## Vol. 12, no 2 / octobre 1973

Mirabel: la naissance de l'écologie  
Formation  $\equiv$  emploi: une équation pleine d'inconnues  
Pour sauver le français scientifique  
Les brouillards de la baie James  
Jupiter pour décembre



## Vol. 12, no 7 / mars 1974

Les planètes revues et corrigées  
Les glaciers urbains  
Du muscle en pilule  
Montrer les dents  
Attendrir la technologie

## Vol. 12, no 3 / novembre 1973

Une politique scientifique canadienne  
Le thermostat de la Terre  
Des forêts tout usage  
Roland-Michel Barrin, marquis de la Galissonnière  
Laser québécois: un succès éblouissant  
Reconcilier les alphabets arabes avec le vingtième siècle



## Vol. 12, no 8 / avril 1974

Quelque part entre l'homme et le message  
Sortir les villes des rivières  
Le suspense du printemps  
Charbon: une nouvelle jeunesse  
Sans salaire et sans syndicat

## Vol. 12, no 4 / décembre 1973

Manger: un risque calculé  
La comète Kohoutek est en vue  
Trois milliards de rats  
Le pillage de notre frigidaire à pétrole  
Le cancer est-il contagieux  
Une poubelle atomique au pôle



## Vol. 12, no 9 / mai 1974

Des trous dans le ciel  
de la mer  
moteur  
nager

## Vol. 12, no 5 / janvier 1974

Ces bactéries qui nous ressemblent  
Domestiquer le golfe St-Laurent  
Option Vasectomie  
Pour comprendre les tout-petits  
Des isolateurs sales sales sales



H2X 3K0

## Vol. 12, no 10 / juin 1974

La préhistoire québécoise  
Feu vert à la parapsychologie  
La logique de l'Apocalypse  
S'enrichir avec l'uranium

BIBLIOTHEQUE NATIONALE QUEBEC  
BUREAU DEPOT LEGAL  
01977

1700 ST DENIS  
MONTREAL

REÇU LE

1 NOV 1974

BIBLIOTHEQUE  
DU QUEBEC

BON DE COMMANDE EN PAGE 50.