

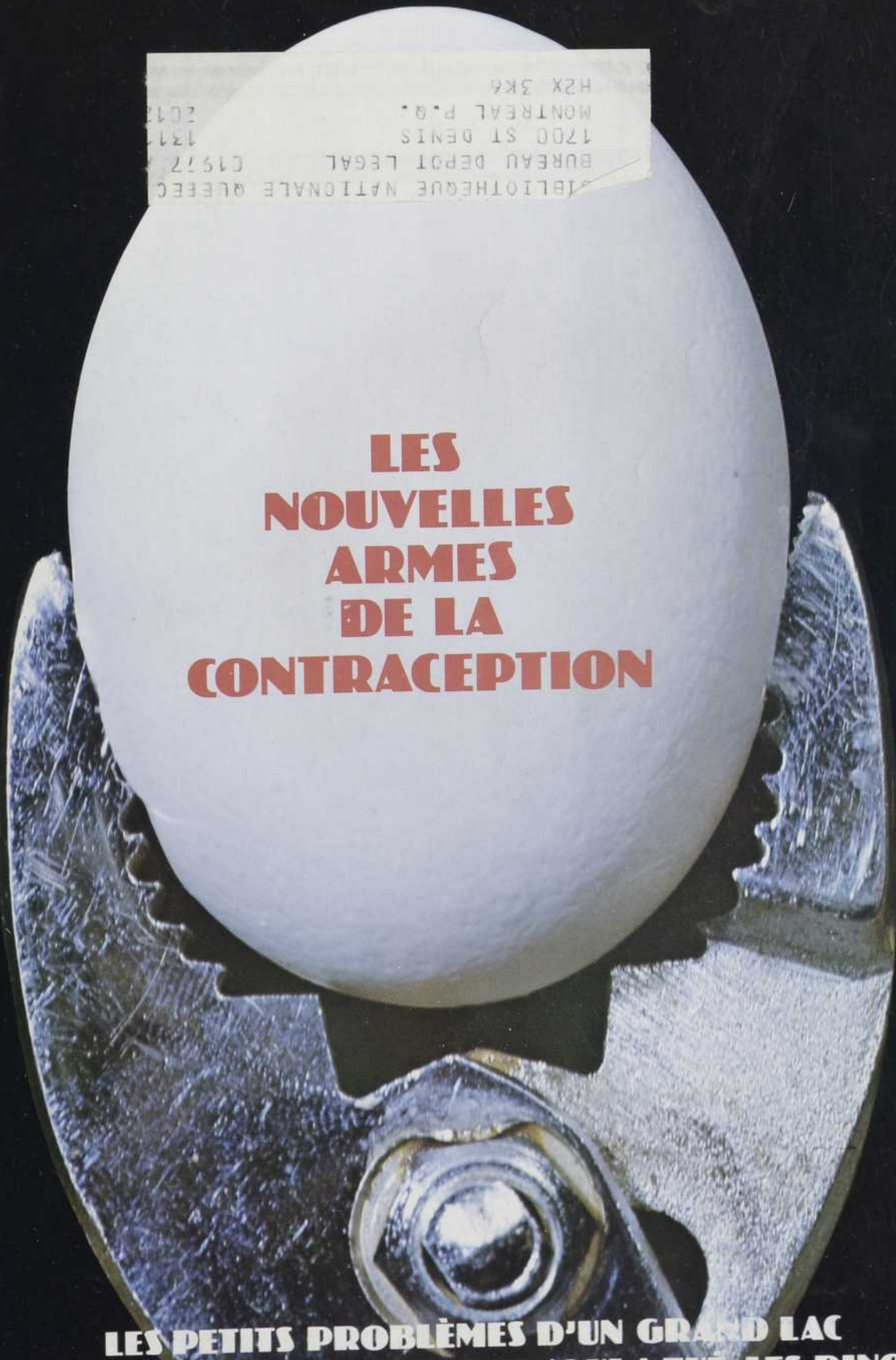
QUÉBEC SCIENCE

TER
28-69

15

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE QUÉBEC
BUREAU DÉPÔT LÉGAL C1977
1700 ST DENIS
MONTREAL P.Q.
H2X 3K6

LES NOUVELLES ARMES DE LA CONTRACEPTION



LES PETITS PROBLÈMES D'UN GRAND LAC
LES ÎLES DE SEL ET DE LA MADELEINE / QUI A TUÉ LES DINOSAURES ?

Le livre que nous vous conseillons ce mois-ci

Science Ouverte
H. Rose, S. Rose, J. Hanmer,
H.-M. Enzensberger, R. Franck,
J.-M. Lévy-Leblond, L. Stéhelin

L'idéologie de / dans la science

Comment et par quel jeu de médiations des sciences particulières, physique, neurobiologie, sont-elles traversées par le politique? Quelles formes spécifiques revêt dans (et par) les sciences une composante majeure de l'idéologie dominante comme le sexisme? À quelles conditions une critique du développement scientifique et technique telle que la porte le mouvement écologique peut-elle éviter d'être manipulée et récupérée au profit du *statu quo*? Enfin, comment le système de critique sociale, que veut être le marxisme, doit-il être adapté pour permettre de telles analyses? Un collectif international d'auteurs liés au mouvement de critique radicale des sciences aborde ici ces questions. Traduit (partiellement) de l'anglais par M. Boris. 272 pages. Collection Science Ouverte dirigée par J.-M. Lévy-Leblond.

Parus
récemment dans la collection
SCIENCE OUVERTE :

**DISCOURS BIOLOGIQUE
ET ORDRE SOCIAL**
P. Achard et alii. 288 pages, \$16.95

**SCIENCE, TECHNIQUE
ET CAPITAL**
B. Coriat. 248 pages, \$11.95

LA SCIENCE ET LE MILITAIRE
G. Menahem. 312 pages, \$13.95

MACHINA SAPIENS
W. Skyvington. 348 pages, \$23.25

science
ouverte

Seuil

science ouverte

Hilary Rose, Steven Rose et Jalna Hanmer,
Hans-Magnus Enzensberger, Robert Franck,
Jean-Marc Lévy-Leblond, Liliane Stéhelin

L'idéologie de/dans la science

Seuil

Procurez-vous les volumes de cette collection
dans les librairies ou par commande postale.

Veillez me faire parvenir les livres suivants:

(Cochez S.V.P.)

- ☐ L'idéologie de / dans la science \$12.95
- ☐ Discours biologique et ordre social \$16.95
- ☐ Science, technique et capital \$11.95
- ☐ La science et le militaire \$13.95
- ☐ Machina sapiens \$23.25

**Veillez trouver ci-joint un chèque ou mandat-postal au montant de \$.....
pour les livres cochés ci-haut.**

Nom
Adresse
Code postal Téléphone



Le magazine Québec Science, mensuel à but non lucratif, est publié par l'Université du Québec avec le soutien du ministère de l'Éducation du Québec et le 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. ISSN-0021-6127. Dépôt légal, Bibliothèque nationale du Québec, deuxième trimestre 1977. Répertorié dans PÉRIODEX et RADAR.

Courrier de deuxième classe, enregistrement no 1052. Port de retour garanti. LE MAGAZINE QUÉBEC SCIENCE, C.P. 250, Sillery, Québec G1T 2R1.

© Copyright 1977 — le magazine Québec Science — Université du Québec. Tous droits réservés pour tous pays. Sauf pour les citations dans une critique, il est interdit, sans la permission écrite de l'éditeur, le magazine Québec Science, de reproduire ou d'utiliser ce mensuel, ou une partie de ce mensuel, sous quelque forme que ce soit, par des moyens mécaniques, électroniques ou autres, connus présentement ou qui seraient inventés à l'avenir, y compris la xérographie, la photocopie et l'enregistrement, de même que les systèmes d'informatique.

COMITÉ DE SOUTIEN

Bell Canada

M. Claude St-Onge
vice-président
Zone provinciale à Québec

Banque de Montréal

Jean Savard
vice-président — Division du Québec

Imasco Limitée

Les produits
Imperial Tobacco Limitée

Institut de recherche de l'Hydro-Québec

M. Lionel Boulet
directeur

La Brasserie Labatt Limitée

M. Maurice Legault
président

La Sauvegarde Cie d'assurance sur la vie

M. Clément Gauthier
président

 Université du Québec

Jean-Marc Gagnon
directeur
et rédacteur en chef

Diane Dontigny
adjointe à la rédaction

Jean-Pierre Langlois
conception
et réalisation graphiques

Patricia Larouche
secrétariat

Nicole Bédard
Claire D'Anjou
diffusion

Collaborateurs

André Caillé, André-Delisle,
Jean-Pierre Drapeau, Huguette
Dusseau-Dumas, Jean-Marc
Fleury, Michel Gauquelin,
Fabien Gruhier, Pierre Mackenzie,
Charles Meunier, François Picard,
Gilles Provost, Joseph Risi,
Jean-Pierre Roger, Pierre Sormany,
Yanick Villedieu

Publicité

Agence de vente publicitaire A.F. inc.
(418) 658-0002

Photogravure

Audart inc.

Impression

Imprimerie Canada inc.

Distribution en kiosques

Les Messageries Dynamiques inc.

Abonnements

(1 an / 12 numéros)
Régulier: \$ 15.00
Groupe (10 et plus): \$ 12.50
A l'étranger: \$ 20.00
De soutien: \$ 25.00
A l'unité: \$ 1.75

Port de retour garanti

LE MAGAZINE QUÉBEC SCIENCE
Case postale 250
Sillery, Québec
G1T 2R1
Tél.: (418) 657-2426
Télex: 051-3488

Les chèques ou mandats postaux
doivent être établis à l'ordre du
MAGAZINE QUÉBEC SCIENCE

Sommaire

4

Courrier

7

Science de l'atmosphère
L'homme en serre chaude

Nucléaire

Une technique québécoise
très prometteuse

8

Environnement

Des tourbières flottantes

9

Alcool

Des vins fort complexes

10

Génétique

Les champions
de l'adaptation

11

Maladies cardio-vasculaires

Les graisses ne sont pas
toutes coupables

41

Saccharine

Les Américains
choisissent le cancer

42

Droit maritime

Encore une conférence
à l'eau

43

Astronautique

Quand les Soviétiques
s'exposent

44

Aéronautique

L'option Zeppelin

45

Énergie

Les locataires du sous-sol

46

Recyclage

L'huile en circuit fermé

47

Parutions récentes

49

En vrac

12

Les nouvelles armes
de la contraception

par Jean-Marc Fleury

Les efforts déployés pour
rendre exceptionnel un
événement presque inévitable
depuis Adam et Eve

21



Les îles de sel
et de la Madeleine

par Joseph Risi

L'épilogue d'un roman géolo-
gique de 300 millions
d'années

26

Qui a tué les dinosaures?

par Pierre Béland
et Jean-René Roy

Comment expliquer la subite
disparition des dinosaures

33

Les petits problèmes
d'un grand lac

par Michel Gauquelin

Un premier bilan scientifique
de l'état de santé du Lac
Saint-Jean

COURRIER

QUÉBEC SCIENCE, UN MAGAZINE NÉGATIF?

Je voudrais vous faire part de quelques réflexions qui me viennent à l'esprit après avoir lu le numéro d'avril de Québec Science et qui s'ajoutent à d'autres considérations que j'ai notées depuis mon retour au Québec.

Le courant politique actuel nous permet d'envisager un Québec plus fort, plus autonome, plus maître de son destin. À mon sens, c'est l'occasion de faire passer des idées qui favoriseront le développement économique sans lequel on ne peut pas vraiment parler d'épanouissement culturel.

Or, par le choix des articles que vous publiez et la manière dont ils sont présentés, vous ne me semblez pas participer à ce courant. C'est d'une morbidité! Une véritable avalanche de sinistres!

Vous n'arrivez plus à trouver un élément positif dans la science ou la découverte ou le génie des hommes. Il arrive même que vous ironisiez lorsqu'un scientifique pense qu'il peut avoir une bonne idée! Quand vous parlez de la baie James, ce n'est pas pour exposer le potentiel énergétique et minéral, mais pour déplorer les pertes archéologiques ou les dommages (souvent hypothétiques) à l'écologie.

Les Ontariens et autres anglophones qui ont toujours rêvé de garder le Québec dans un état d'asservissement se réjouissent de votre école de pensée. En freinant le progrès de toutes vos forces, vous entrez pleinement dans leur jeu.

J'aurais pensé que les remarques de Fernand Seguin au colloque, pleines de bon sens, auraient porté davantage. Oui, il faut critiquer les scientifiques et exposer les dommages possibles de la science, mais il ne faut pas les exagérer et on doit aussi exposer les bénéfices possibles de la science.

Je suis extrêmement surpris qu'un journaliste comme Gilles Provost, qui fait profession de «faire peur au monde», ait décroché le pompon de l'information scientifique, au moment où il publiait deux articles contradictoires sur la salubrité de l'air de Montréal, qui montraient surtout qu'il n'avait pas bien fouillé son sujet! Ce n'est pas sérieux, mais c'est significatif.

J'ai écrit un article sur l'aviation au Québec (*L'Actualité*, mars 1977) pour montrer aux Québécois qu'ils avaient des atouts économiques solides. Dans *L'Actualité*, on en a réécrit des petits bouts pour poser une nouvelle fois le Québécois en victime! C'est une politique ou un complexe? Peut-être que cela se vend bien, mais je trouve que c'est dangereusement déprimant.

Ce n'est pas en s'appuyant sur ce genre de psychologie que l'on arrivera à donner aux Québécois le sentiment qu'ils sont capables de maîtriser leur destin. On

forge son avenir. On ne pleurniche pas pour que les autres acceptent de nous faire la place que nous convoitons.

On ne libère pas les gens en cultivant la crainte atavique du changement, donc du progrès. Si cette école de pensée doit se perpétuer, je souscrirai volontiers aux paroles de Roger Lemelin lorsqu'il disait que la presse est devenue un nouveau clergé.

En terminant, je voudrais rappeler le sensationnalisme de «Ces SST mangeurs d'ozone ou mourir de vitesse», paru dans Québec Science en août 1973. Peut-être serait-il temps, par honnêteté intellectuelle, que Jean-Marc Fleury explique comment, en dépit de toutes les prévisions pessimistes, la couche d'ozone s'est épaissie au cours des dix dernières années?

La science, la vraie, mérite un meilleur traitement, tandis que le public a droit à une information moins orientée et plus complète.

Je vous livre ces réflexions parce que notre rôle de communicateurs me paraît vital pour le devenir du Québec, et parce qu'assez d'hommes s'emploient actuellement à bâtir un Québec à sa véritable mesure pour que nous les y aidions de tous nos moyens.

Pierre Pourchelle
Lévis

DES RYTHMES ET DES HOMMES

Votre revue m'intéresse toujours beaucoup. Je la garde comme référence sérieuse. De ce fait, il me semble que vous allez pouvoir m'éclairer sur un sujet: la biorythmie. Fernand Lapointe en a écrit un petit livre intitulé *Biorythmie*. Des découvertes faites vers 1900 affirment que l'être humain possède trois cycles: physique (23 jours), émotif (28 jours) et intellectuel (33 jours). Fernand Lapointe affirme que la NASA et certaines compagnies aériennes font calculer les cycles des hommes clé de leur organisation.

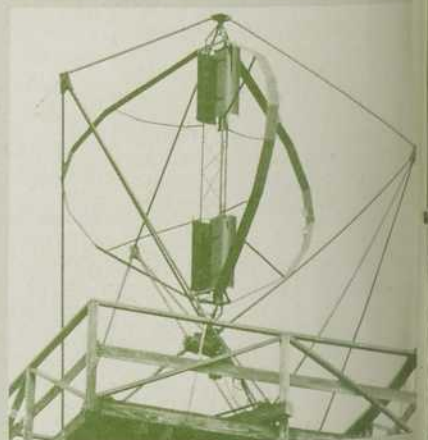
23-28-33, sont-ce des résultats scientifiques ou est-ce un peu comme l'astrologie ou la cartomanie? Si ce sont des résultats scientifiques, pourquoi ne pas les faire connaître plus longuement? Existe-t-il d'autres livres français sur le sujet?

Paule Bouliane
La Malbaie

Les observations chronobiologiques ne font que commencer à se vérifier scientifiquement. Toute nouvelle science peut facilement donner lieu à des extrapolations qui, paraissant d'abord plus ou moins fantaisistes, pourront être confirmées ou non par la recherche par la suite. Dans le domaine de la biorythmie, les recherches ne sont probablement pas

encore assez développées pour que l'on soit capable de donner une appréciation juste de toutes ces théories qui s'élaborent. Plusieurs livres sont disponibles qui donnent l'état de la recherche sur ces phénomènes de biopériodicité. En voici quelques titres: Alain Reinberg et Jean Ghata, Les rythmes biologiques, Presses universitaires de France, collection «Que sais-je?», no 734, 1964; Alain Reinberg, Des rythmes biologiques à la chronobiologie, Gauthier-Villars, 1974; Michel Gauquelin, Rythmes biologiques, rythmes cosmiques, Marabout-Université, 1973; Christian Poirel, Les rythmes circadiens en psychopathologie, Masson, 1974.

AU GRÉ DU VENT



Pourriez-vous m'envoyer l'adresse exacte de HPL Engineering, à Ottawa, qui commercialise des éoliennes du type Rangi, ainsi que d'autres adresses de distributeurs de moulins à vent, faisant exception de Budgen et Associés. Auriez-vous aussi l'amabilité de me mentionner le nom et le lieu de disponibilité de quelques ouvrages intéressants (livres, revues, à part Québec Science, dossiers, etc.) au sujet des éoliennes et leur mode de construction et des détails techniques relatifs à leurs genres.

Jo Brandl
Sainte-Pétronille, Ile d'Orléans

Notre collaborateur André Delisle prépare actuellement un dossier sur les façons de vivre écologiquement dans lequel vous trouverez beaucoup d'informations sur l'énergie éolienne. Ce dossier sera publié à l'automne. En attendant, vous pouvez vous adresser au département de génie mécanique de l'Université de Sherbrooke ou à l'Institut Brice de l'université McGill où l'on poursuit des recherches dans ce domaine. De même, le «Répertoire des outils planétaires», que vient de publier Main Mise en collaboration avec Flam-

COURRIER

marion (\$10.00), contient un grand nombre de renseignements et d'adresses utiles à qui s'intéresse à cette forme d'énergie.

AU GRÉ DU SOLEIL

Dans les différents dossiers que vous avez à date, on se demandait si vous n'auriez pas de l'information à nous faire parvenir sur les diverses sources d'énergie possibles à utiliser pour le chauffage et l'éclairage d'une maison, autres que l'électricité et le pétrole. Cette information pourrait consister en des expériences dont vous êtes au courant au Québec ou ailleurs en termes de chauffage solaire, énergie éolienne, récupération de déchets organiques, etc.

Alain Lagacé
Sherbrooke

Le prochain dossier de notre collaborateur André Delisle auquel nous référerions un lecteur précédemment au sujet de l'énergie éolienne, traitera aussi de l'énergie solaire. En attendant, M. André Delisle (un autre que notre collaborateur), au Centre de recherche industrielle du Québec (333, rue Franquet, Sainte-Foy, Québec), pourra également vous fournir des informations sur ce sujet, comme vous en trouverez aussi dans le «Répertoire des outils planétaires» que viennent de publier les éditions Main Mise et Flammarion.

PLUS DE GASPILLAGE

Nous aimerions avoir des renseignements sur les démarches à suivre en vue de récupérer les ordures domestiques et sur les méthodes de récupérations de déchets tels que verre, métal (conserves), carton et papier.

Nous savons que dans les grandes villes il existe de tels projets, mais ici au Saguenay-Lac Saint-Jean, il n'y en a pas à notre connaissance. Donc, si vous pouviez nous envoyer des renseignements sur la réutilisation de ces ordures à petite et à grande échelle, nous pourrions diriger nos efforts dans un sens déterminé.

J.F. Robert, Y. Forget, A. Hébert
Saint-Félicien

Nous avons déjà publié un article sur le sujet: «Recyclez-les vous-mêmes», par André Delisle (Québec Science, vol. 13, no 12, août 1975). Vous pourrez obtenir des informations supplémentaires en vous adressant aux Services de la Protection de l'environnement, Secrétariat du Comité d'étude sur la gestion des déchets solides (M. Jacques Gagnon), au Centre Innovation, 2360, Chemin Sainte-Foy, Sainte-Foy, Québec.

POUR MIEUX CONNAÎTRE LE NUCLÉAIRE

Je suis étudiante en secondaire V et je fais présentement une recherche sur notre environnement. Or, j'ai eu l'occasion de lire votre article paru au mois de juillet 1976 (vol. 14, no 11) et il faisait mention de deux documents intitulés: «L'énergie nucléaire: un nouveau problème», écrit par le Regroupement de surveillance nucléaire; «L'énergie nucléaire au Canada: questions et réponses», rédigé cette fois-ci par l'Association nucléaire canadienne.

Je serais fortement intéressée à lire ces écrits et j'apprécierais beaucoup si vous pouviez me donner les informations nécessaires pour l'acquisition de ces livres.

Danièle Marceau
Sherbrooke

Pour obtenir le premier document, vous pouvez communiquer avec le Regroupement de surveillance nucléaire à l'adresse suivante: 2010, rue Mackay, Montréal. Le siège de l'Association nucléaire canadienne est situé à: 65, rue Queen ouest, suite 1120, Toronto, Ontario M5H 2M5. À la fin de l'article de Michel Gauquelin, dans le numéro précédent de Québec Science (mai 1977, vol. 15, no 9), qui faisait le bilan de la commission parlementaire sur l'énergie, plusieurs lectures sont suggérées qui pourront vous être utiles.

L'INFORMATION SCIENTIFIQUE

Dans votre publication de février 1977, dans la section En vrac page 49, à l'article «La nouvelle information scientifique», il est mentionné que l'Association québécoise des professionnels de la communication scientifique (AQPCS) devait tenir un premier colloque à l'Université de Montréal (...) le 11 février 1977 (...) avec comme thème: «La nouvelle information scientifique». Le colloque ayant eu lieu, je fais appel à vous afin de savoir si vous êtes en mesure de m'indiquer si un document ou mémoire quelconque fut publié ou est en voie de préparation et, dans l'affirmatif, comment faire pour en obtenir copie.

Mario Du Moulin
Sherbrooke

Un compte rendu de ce colloque est paru dans le premier numéro du bulletin de cette Association. Vous pouvez l'obtenir en en faisant la demande à M. Jean Baroux, 854, avenue Kingsmere, Ottawa K2A 3J9.

DES IMAGES EN TROIS DIMENSIONS

Les rédacteurs de la revue ou les lecteurs auraient-ils de l'information sur la façon dont on obtient une image tri-dimensionnelle à l'aide d'un verre plat et strié. Les enfants collectionnent de ces petites images, en plastique celles-là, obtenues dans des paquets de gomme à mâcher; il y a aussi des cartes postales qui rendent cet effet. Quels sont les principes mis en application dans la fabrication de ce truc.

André-Jean Roy
Côte d'Ivoire, Afrique

C'est la superposition de trois photographies du même objet, prises à des foyers différents et imprimées sur des feuilles de plastique transparent, qui réussit à donner cet effet tridimensionnel. Seule la photographie du milieu est au foyer, les deux autres étant légèrement hors foyer donnent l'effet de profondeur. En surface, on peut aussi mettre une feuille de plastique striée qui augmentera encore l'effet de profondeur.

DÉCOUVRIR NOS RACINES

J'ai grandement apprécié l'article intitulé: «La grande misère de l'archéologie québécoise». Et je félicite sincèrement François Picard: voilà de quoi que j'ai fort apprécié.

Diplômé du Cégep, mais presque totalement ignorant concernant mes racines historiques et leurs vestiges, c'est avec un très vif intérêt que j'ai lu votre article excellent.

J'ai tout particulièrement aimé cette information utile, concrète et actuelle qui renseigne bien sur ce qui se fait, comment on le fait et qui le fait dans le domaine de l'archéologie historique québécoise, sur ce qu'il advient exactement à notre patrimoine national.

Pour tout vous dire, j'ai beaucoup appris en ces quelques pages. Mais surtout j'y ai découvert comme un besoin personnel de découvrir mes racines d'ici, en ce pays. Et déjà j'ai le désir de travailler à la découverte et à la conservation de notre «patrimoine national», connaître mes ancêtres. (...)

Pierre-Alain Blais
Longueuil

Quinze ans de gestation

Face à une demande toujours croissante, l'Hydro-Québec devra disposer, d'ici 25 ans, d'une capacité de production nettement supérieure à sa puissance installée actuelle.

Une abondance de ressources hydroélectriques a placé le Québec en position privilégiée par rapport au reste de l'Amérique du Nord. Plus de 99% de l'électricité fournie actuellement par l'Hydro-Québec est produite à partir de centrales hydroélectriques.

Les emplacements favorables à de telles centrales devenant de plus en plus rares et éloignés, l'Hydro-Québec entrevoit maintenant le jour où elle devra, à son tour, considérer de nouvelles méthodes de production.

Le gouvernement du Québec, à l'instar de nombreux autres, doit envisager des mesures de conservation de l'énergie et prendre une décision sur la production d'électricité d'origine nucléaire.

L'Hydro-Québec a établi jusqu'en 1985 le programme d'équipement qui répondra à la demande prévue. Une seule centrale nucléaire, actuellement en construction (Gentilly 2), est intégrée dans ce programme. Ce n'est qu'en 1990 et 1995 qu'il faudrait ajouter deux autres centrales.

L'heure du choix a maintenant sonné, car il faut 15 ans entre le moment de la conception et la mise en exploitation commerciale d'une centrale nucléaire, dont environ deux années aux seules expertises et études, avant que l'emplacement ne soit choisi.

A cause de cette contrainte de temps et sans préjuger des décisions qui seront prises, l'Hydro-Québec a dû, dès 1975, commencer la recherche d'emplacements susceptibles d'être favorables à l'implantation de centrales nucléaires.

Toutes les possibilités sont étudiées

Il existe présentement un premier complexe nucléaire québécois dans la région de Bécancour, sur la rive sud du Saint-Laurent, à une dizaine de milles en aval de Trois-Rivières: Gentilly 1, mis en service en 1971, et Gentilly 2, actuellement en construction.

L'Hydro-Québec étudie et compare différents modes de production d'électricité dans le but de répondre aux demandes d'énergie de base et de pointe au meilleur coût, tout en tenant compte de l'environnement. Pour l'électricité de base, qui est la demande constante, elle étudie la possibilité d'accroître sa production hydroélectrique, aussi bien que d'implanter des centrales nucléaires. Pour la puissance de pointe, qui n'est fournie qu'en fin d'avant-midi et d'après-midi, alors que la consommation d'électricité atteint ses plus hauts sommets, l'Hydro-Québec recherche actuellement des emplacements favorables à l'implantation de centrales à réserve pompée ou de centrales à turbines à gaz.

L'Hydro-Québec participe parallèlement à l'effort de recherche de nouvelles sources d'énergie grâce aux travaux effectués à son Institut de recherche, à Varennes.

C'est ainsi que deux éoliennes expérimentales seront prochainement installées, l'une sur les terrains de l'IREQ et l'autre aux Iles-de-la-Madeleine. L'IREQ participe en plus, conjointement avec l'université McGill, à l'étude d'une maison solaire installée à La Macaza, dans les Laurentides. Dans les laboratoires de l'IREQ, on effectue en outre des recherches sur des capteurs solaires et le stockage de l'énergie.

Nature des études

Une centrale nucléaire ne peut pas être implantée en n'importe quel lieu. Approximativement, deux années d'études et d'expertises sont nécessaires, avant que l'emplacement soit définitivement choisi.

Outre les données techniques, telles que les expertises en hydraulique, géologie-sismologie et météorologie, les experts en démographie, sociologie, vocation du territoire, économique, écologie biophysique et radio-protection doivent recueillir toutes les informations qui permettent l'implantation harmonieuse de la centrale électronucléaire dans son milieu.

Les questions relatives à l'environnement et à la radio-protection sont de première importance. C'est pourquoi chacune des expertises techniques s'accompagne d'études d'impact sur l'environnement et sur la population. Les choix d'emplacements tiendront compte des conclusions de ces expertises.

L'étude d'impact sur l'environnement scrute entre autres les effets d'une centrale nucléaire sur le milieu physique, terrestre et aquatique, sur le développement économique et social de la région, ainsi que l'impact sur la communauté concernée. Les experts de la radioprotection étudient constamment le taux de radioactivité naturel dans les chaînes alimentaires. 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.) pour garantir les normes de protection émises par la Commission de contrôle de l'énergie atomique.

Quant à l'impact sur la communauté, il est évalué d'après les résultats des études sur la vocation du territoire, entre autres, et l'apport économique de la centrale nucléaire dans le milieu, qui peut devenir génératrice d'emplois.

Etudes et expertises

Voici la liste des études et expertises qui sont effectuées par les spécialistes de l'Hydro-Québec et leurs assistants durant les mois que durent les recherches d'emplacements nucléaires.

- Hydraulique
- Etude de dilution
- Météorologie
- Géologie - sismologie
- Ecologie biophysique
- Démographie
- Sociologie
- Vocation du territoire
- Impacts économiques

Note: Le manque d'espace nous empêche d'expliquer ici, en détail, chacune des études et expertises. Etant donné l'importance du sujet, l'Hydro-Québec lui consacrera un prochain publi-reportage.

Le plus difficile est encore à venir

Deux des 15 années du projet se seront écoulées durant ces études et expertises. Les treize qui suivront seront les plus difficiles. Tout au long de la conception et de la construction de la centrale, il faudra se soumettre aux normes sévères de l'Energie atomique du Canada et des Commissions canadienne et internationale de contrôle de l'énergie atomique. Il faudra presque deux années complètes pour les seuls essais et la mise en exploitation commerciale de la centrale.



SCIENCE DE
L'ATMOSPHÈREL'HOMME
EN SERRE
CHAUDE

Les perturbations de l'atmosphère créées par l'homme, particulièrement dans la proportion des traces de divers gaz engendrés par l'ensemble de ses activités industrielles, risquent d'altérer le climat en bouchant la « fenêtre » atmosphérique qui normalement laisse échapper les radiations thermiques. Il en résulte un échauffement notable de l'atmosphère de sorte qu'à la longue l'homme sera condamné à s'adapter à l'effet de « serre-chaude » qu'il aura lui-même provoqué. C'est l'avertissement que donnent quatre physiciens de l'atmosphère, MM. Wang, Yung, Lacis et Hansen, du Centre de vols spatiaux Goddard de l'Institut américain d'études spatiales (*Science*, vol. 194, no 4266).

Depuis une dizaine d'années, la structure thermique de l'atmosphère terrestre est influencée par la présence de faibles quantités de vapeurs d'eau, de dioxyde de carbone (CO_2), d'ozone (O_3) et d'aérosols. Ces gaz absorbent les radiations thermiques ascendantes et les retournent vers le sol, réchauffant la température locale. Cette sorte de bouclier thermique conduit à une élévation sensible de la température atmosphérique à la surface terrestre, appelée « effet de serre chaude » par les spécialistes. Les aérosols montrent le même comportement, mais à des degrés variables selon leurs propriétés optiques par rapport aux radiations solaires captées et aux radiations thermiques émises. L'ensemble de ces phénomènes a certainement joué un rôle primordial dans l'évolution de l'atmosphère de la Terre et des planètes voisines, Mars et Vénus. Cependant, l'évaluation quantitative d'un phénomène évolutif très lent ne peut pas encore se faire avec précision puisque les observations déjà disponibles ne s'étendent que sur une courte période de temps.

Notre atmosphère contient aussi, toujours à l'état de traces, un grand nombre de gaz qui montrent une forte absorption dans l'infrarouge; par exemple, l'oxyde nitreux (N_2O), le méthane (CH_4), l'ammoniac (NH_3), l'acide nitrique (HNO_3), l'éthylène (C_2H_4), l'anhydride sulfureux (SO_2) et le monoxyde de carbone

(CO), tous d'origine volcanique et/ou anthropogène (c'est-à-dire créés par les activités industrielles de l'homme). Les fréons (hydrocarbures fluorochlorés), le chloroforme (CHCl_3) et le tétrachlorure de carbone (CCl_4), comme principaux ingrédients des aérosols, contribuent également, mais à divers degrés quantitatifs, à l'effet global de serre chaude. Malgré les proportions très faibles de ces gaz (ou vapeurs) dans l'atmosphère, leur effet sur sa structure thermique est considérable parce leurs bandes d'absorption spectrale se situent dans la région de la « fenêtre » atmosphérique qui, normalement, transmet la plupart des radiations thermiques de la surface terrestre et de la basse atmosphère en direction de l'espace. Quant aux fréons, d'origine anthropogène surtout, ils sont détruits par photolyse à des altitudes supérieures à 25 kilomètres; l'action destructrice des aérosols sur la ceinture d'ozone n'est donc pas aussi certaine que d'aucuns le prétendent.

Les engrais chimiques azotés utilisés en agriculture dérangent l'équilibre naturel du cycle de l'azote tandis que le charbon, le pétrole et le gaz naturel, comme combustibles fossiles, augmentent de façon sensible la proportion de SO_2 , de CO, de CO_2 , de CH_4 et d'autres hydrocarbures simples dans la basse atmosphère. Depuis quelques années, la teneur en monoxyde de carbone (CO), par exemple, a triplé dans les latitudes moyennes de l'hémisphère nord où se trouve la ceinture de pays fortement industrialisés.

La météorologie moderne n'est pas encore en mesure de construire un modèle climatique qui permettrait de faire des pronostics de température à moyen et à long terme. Un modèle climatique réaliste pourra être préparé seulement après avoir réussi la construction de modèles partiels couvrant tous les aspects spécifiques du système climatique complet. En attendant, ces quatre physiciens ont développé un modèle de la structure thermique de l'atmosphère.

Leur modèle leur a déjà permis de déterminer l'influence exercée sur la température atmosphérique par les variations quantitatives dans la composition de l'atmosphère quant à sa teneur en certains des gaz et vapeurs déjà mentionnés. Selon eux, une modification de la température superficielle égale ou supérieure à 0,1 degré Kelvin est potentiellement significative si elle se maintient pendant une longue

période. Or, en haute altitude, des changements beaucoup plus considérables ont déjà été observés. Le même phénomène a d'ailleurs dû se produire au cours des lointaines périodes paléoclimatiques à forte activité volcanique.

Certains gaz présents dans l'atmosphère à l'état de traces, peuvent donc modifier la température de l'air de façon significative. Ce fait ignoré ou sous-estimé dans le passé, devra être pris en considération dans toute analyse future de l'impact des activités industrielles de l'homme sur son environnement. Selon ces chercheurs, l'utilisation d'engrais chimiques et la consommation de combustibles fossiles devraient être repensées car une augmentation de l'ordre de 25 pour cent dans l'atmosphère de gaz tel que le N_2O , CH_4 , NH_3 et CO_2 , produits

par ces activités, produira fatalement un effet de serre chaude significatif. Cet effet semble cependant moins prononcé dans le cas des fréons, mais on ne connaît pas encore les interrelations des aérosols avec d'autres constituants de l'atmosphère. Par contre, l'effet de serre chaude de l'ozone est considérable, mais comme la distribution verticale de ce gaz varie avec l'altitude, on pense que cet effet sera surtout notable aux endroits de plus forte concentration, dans la haute troposphère et la basse stratosphère. Pour mieux connaître ce phénomène complexe, il faudra étudier davantage les effets climatiques de l'ozone. L'effet de serre chaude de la vapeur d'eau est aussi très important, mais les connaissances à son sujet sont assez fragmentaires. (J.R.)

NUCLÉAIRE

UNE TECHNIQUE QUÉBÉCOISE
TRÈS PROMETTEUSE

Il y a plusieurs mois, une équipe de chimistes israéliens, engagée dans un projet de séparation isotopique par laser, avait annoncé la fabrication d'eau lourde par un tel procédé. Pour eux, il ne s'agissait en fait que d'une réussite académique puisque les quantités d'eau lourde requises par ce pays, dans le cadre de son programme militaire (armement nucléaire), ne justifieront sans doute jamais les recherches pour appliquer industriellement cette réussite.

Il en est toutefois autrement pour le Canada, où le programme électro-nucléaire, basé sur les centrales Candu, exige une quantité formidable de cette variante isotopique de l'eau, beaucoup moins vorace en neutrons libres, et donc beaucoup plus efficace que l'eau « légère » comme modérateur.

Plusieurs équipes canadiennes se sont donc lancées sur les traces des chimistes israéliens, tant à l'Hydro-Québec qu'au Conseil national de recherches du Canada et à Chalk River (Énergie atomique du Canada Limitée) ainsi qu'à l'Institut national de la recherche scientifique (INRS-Énergie) de l'Université du Québec.

Or, à la fin de février dernier, à l'INRS-Énergie, les équipes de Fernand Rheault (laser), Benoît Jean (applications) et Jacques Martel (technologie des réacteurs à fusion), travaillant conjointement sur ce projet, ont

obtenu leurs premiers succès. Il fallait attendre encore quelques semaines pour que cela soit confirmé hors de tout doute: on avait réussi le « mariage » laser-gaz qui permettait de produire de l'hydrogène lourd (deutérium) à partir de l'aldéhyde formique (HCOH ou HCOD), tel qu'on l'avait réalisé antérieurement en Israël.

Contrairement aux autres équipes, les chercheurs de l'INRS travaillent avec le laser CO_2 à excitation transversale, mis au point d'abord au Québec, et pour lequel existe ici une grande compétence. Ce laser produit un faisceau infrarouge, et non ultraviolet comme celui qu'utilisèrent d'abord les Israéliens.

Le principe de la séparation isotopique repose sur la cassure qu'on fait subir à la molécule chimique (ici de l'aldéhyde formique) par bombardement de photons (lumière). Tout le défi se résume à trouver un moyen d'ajuster la fréquence du laser et son intensité pour qu'il parvienne à casser sélectivement les molécules contenant du deutérium, sans briser les autres molécules.

Si on travaille déjà sur des configurations « industrielles » qui permettraient d'utiliser très efficacement les photons du laser, en les confinant par exemple, grâce à un système de miroirs et de lentilles, dans un certain volume où le gaz circulerait avec un débit suffisant, on

est encore loin de l'application économiquement rentable.

En effet, l'aldéhyde formique utilisé jusqu'ici est un produit relativement rare. Lorsqu'on sait qu'il faut environ 6 000 molécules «légères» pour en dénicher une qui soit lourde, on imagine la masse de gaz requise pour la production industrielle d'eau lourde.

La prochaine étape, sur laquelle travaille déjà l'INRS, est donc celle du «mariage» du laser avec d'autres gaz plus communs, notamment le méthane, ou, à la rigueur, l'ammoniac... à moins bien sûr qu'on ne réussisse à utiliser directement l'eau pure, ce qui serait la solution la plus économique, sur le plan de la matière première du moins.

Outre son importance immédiate pour le Canada, cette technologie encore embryonnaire deviendrait essentielle à tout programme électro-nucléaire reposant sur la fusion. On estime en effet que les réacteurs à fusion thermonucléaire utiliseront d'abord comme combustible le deutérium, pour lequel la fusion est beaucoup plus facile que pour l'hydrogène léger. Or, la technologie actuelle de production d'eau lourde par séparation mécanique et chimique, en plus de sa complexité technique (succession de tours de séparation sous pression), nécessite le recours à un gaz hautement toxique, l'hydrogène sulfuré, qui fait courir d'énormes risques environnementaux. (P.S.)

ENVIRONNEMENT

DES TOURBIÈRES FLOTTANTES

Aucune étude approfondie n'avait jusqu'à date été réalisée sur les tourbières flottantes, ces îlots tourbeux qui parsèment nombre de territoires inondés à la suite de la création de barrages. Bien que le soulèvement des tourbières ait déjà souvent causé des problèmes variés ailleurs au Canada et dans le monde, personne n'avait encore songé à analyser ces dépôts organiques avant qu'ils ne manifestent leur présence, fréquemment indésirable.

Depuis l'été 1976, celles-ci jouissent cependant d'une attention toute particulière puisqu'elles sont l'objet d'analyse et de recherche sérieuses dirigées par Jacques Ouzilleau, biologiste spécialisé en écologie végétale. Les services de ce chercheur, le premier à vraiment se pencher à fond sur ce phénomène particulier, ont été retenus par la Société d'énergie de la baie James; cette dernière est en effet fortement intéressée par le comportement des tourbières, qui sont très nombreuses sur le territoire du Complexe La Grande où plusieurs terrains seront inondés en 1979. Les ingénieurs de la S.E.B.J. veulent connaître au plus tôt l'impact que pourront avoir le soulèvement et la dégradation des tourbières après que les réservoirs du territoire de la baie James, une des plus grandes réserves de tourbières au monde, seront mis à eau de façon à pouvoir prévoir rapidement les solutions qui s'avéreront nécessaires.

Les tourbières se soulèveront-elles? Si oui, dans quelle mesure? Auront-elles un impact important sur le milieu aquati-

que, la faune ichthyenne et avienne? Constitueront-elles un obstacle sévère à l'aménagement des berges des réservoirs? Les tourbières soulevées des réservoirs de La Grande devront-elles, à l'instar de leurs consœurs de la centrale de Churchill Falls qui entraient dans les turbines, être remorquées à cause de leur position fâcheuse et nuisible? Autant de questions auxquelles Jacques Ouzilleau et son équipe devront répondre afin de savoir principalement si les tourbières inondées se déplaceront et si, dans l'affirmative, elles ne deviendront pas des obstacles majeurs pour certaines des constructions du complexe hydro-électrique. Des études détaillées au niveau de chacun des trois réservoirs d'Opinaca, de L.G. 2 et de Caniapiscou seront donc entreprises cet été; les chercheurs prévoient d'ores et déjà que la densité et le type des tourbières pourraient être différents pour chacun des réservoirs.

Dans une première étape, une étude descriptive des tourbières flottantes du réservoir Cabonga (situé dans le Parc de la Vérendrye) a été entreprise à l'été 1976 de façon à pouvoir décrire non seulement la nature, la structure, mais aussi le comportement des tourbières flottantes provoquées par la création d'un barrage. Suite aux observations provenant des photographies aériennes et d'inventaires de terrain, l'équipe de travail a noté dans un rapport remis aux autorités de la S.E.B.J. que les tourbières flottantes de Cabonga sont toutes constituées par les



mêmes espèces dominantes et qu'elles présentent des caractéristiques physico-chimiques qui s'apparentent (l'épaisseur moyenne de ces tourbières flottantes varie entre 0,90 et 1,45 mètre; l'épaisseur moyenne de la partie qui émerge varie entre 7 et 15 centimètres; en longueur et en largeur, ces tourbières peuvent atteindre plus d'une centaine de mètres; en général, la densité moyenne de la tourbe est légèrement inférieure à celle de l'eau, etc.). Ces tourbières flottantes sont décrites comme des tourbières minérotrophiques (les sels minéraux leur proviennent autant des eaux de pluie que des eaux de ruissellement des rives voisines) extrêmement pauvres étant donné la présence sur chacune d'elles d'au moins quelques espèces minérotrophes; le corps de ces masses est cependant constitué d'une végétation ombrotrophique (les sels minéraux ne sont fournis que par l'eau de pluie).

Quatre types de tourbières flottantes ont été identifiées à Cabonga: les tourbières arborescentes avec présence d'espèces arborescentes; les tourbières arborescentes où les espèces arborescentes sont absentes; les tourbières arborescentes à *Carex* (plantes herbacées); les tourbières arborescentes à *Typha* (quenouilles).

Les chercheurs ont par ailleurs remarqué que les tourbières flottantes présentes sur le site du réservoir Cabonga se sont soulevées à la mise à eau de ce dernier en 1939. La majorité des tourbières qui ont subi l'inondation se seraient soulevées rapidement et ce soulèvement n'aurait affecté que la partie superficielle des tourbières. Selon Jacques Ouzilleau, cette partie, constituée de matière organique non décomposée et dont la densité est inférieure à celle de l'eau, a pu en effet se soulever suite au

haussement du niveau d'eau. «Cette couche fibrique compacte conserve une structure solide grâce au latic formé par les racines des espèces arborescentes; elle peut résister relativement longtemps aux agents d'érosion qui agissent sur elles. Le soulèvement est ainsi d'abord lié à la nature (définie par le couvert végétal) et à l'épaisseur des dépôts organiques: une masse de tourbe pas ou peu décomposée (fibrique) et épaisse a plus de chances de se soulever qu'une tourbière formée de dépôts décomposés (humiques) et minces. L'équipe de travail ne peut cependant présumer avec certitude de l'impact qu'ont eu les îlots tourbeux immédiatement après la mise à eau du réservoir du fait qu'aucune étude n'avait été entreprise sur les tourbières avant cette mise à eau et que par conséquent aucune donnée n'est disponible pour soutenir la comparaison.

La désagrégation des îlots tourbeux est de son côté fonction de leur structure et de leur superficie: les tourbières de grande dimension ayant une masse compacte et présentant peu de mares et de points de faiblesse flotteront davantage et plus longtemps. La désagrégation des tourbières flottantes est ainsi fonction de la force des agents d'érosion comme les fluctuations annuelles du plan d'eau, les vagues, les courants et les glaces flottantes, et plus ces agents seront prononcés, plus la dégradation sera rapide. On sait de plus que les tourbières soulevées pourront se déplacer sur de longues distances et subsister pendant plusieurs années car les masses de tourbe ainsi formées présentent un milieu extrêmement fermé et homogène qui n'est influencé que lentement par des changements extérieurs spontanés.

Quant à l'effet des tourbières

flottantes sur la faune ichthyenne et avienne, les chercheurs ont découvert d'une part, après inventaire, que les environs des tourbières flottantes de Cabonga constituent des lieux privilégiés pour le pêche et que des captures très intéressantes y sont souvent réalisées. D'autre part, les tourbières flottantes sont fréquentées par nombre d'espèces d'oiseaux qui peuvent s'y reposer et y nicher, à l'abri des prédateurs terrestres.

Pour les rédacteurs du rapport, les tourbières flottantes constituent un milieu extrêmement isolé des eaux du réservoir Cabonga bien qu'elles fassent partie intégrante de celui-ci. Actuellement ces masses ne jouent plus grand rôle, servant tout au plus d'aires de repos pour les oiseaux et les poissons; elles peuvent par ailleurs être considérées comme des obstacles à la navigation. Les résultats ci-haut mentionnés serviront donc de cadre de référence aux prochaines études, les conditions qui ont favorisé le soulèvement des tourbières du réservoir Cabonga devant s'apparenter à celles qui permettront le soulèvement des tourbières dans les futurs réservoirs du territoire de la baie James. Cette étude portant sur l'environnement aurait pu finalement ne jamais voir le jour si l'ingénierie n'avait eu besoin des services de l'écologie pour mener à bien ses entreprises... (M.K.)

ALCOOL

DES VINS FORT COMPLEXES

Aucune boisson alcoolisée ne peut être vendue au Québec sans passer par le service de contrôle de la qualité de la Société des alcools. Dans les laboratoires, on goûte et on analyse des échantillons de boissons qui sont soit nouvellement importées au Québec par la Société ou un particulier, soit un nouvel arrivage d'un produit déjà vendu. Les chimistes et les techniciens de la Société des alcools veillent ainsi à limiter les mauvaises surprises que l'on pourrait avoir après l'achat d'une bouteille de vin, de spiritueux, de liqueur, de bière ou de cidre.

Ainsi, quand une bouteille de vin arrive au laboratoire pour fin d'analyse, on commence par décrire l'identité de la bouteille sur la formule d'analyse; par la

suite, on comparera les renseignements inscrits avec les résultats de l'analyse. L'étiquette doit porter le nom du pays d'origine, le nom et l'adresse du fabricant, la nature du produit, la déclaration de quantité nette, la désignation de la classe selon l'effervescence dans le cas d'un vin effervescent, et le pourcentage minimum d'alcool acquis contenu dans le produit.

On décrit ensuite la composition, l'état et la grandeur du bouchon, la couleur du vin et son aspect qui peut varier de cristallin à trouble. Après l'analyse visuelle, le dégustateur passe à l'analyse olfactive pour déterminer l'arôme qui se dégage de son échantillon avant de le goûter. Le vin peut être mince, coulant, velouté, fondu, souple, tendre, rond, plein ou charnu, ou bien laisser un goût dominant acide, salé, sucré ou amer. Il peut sembler râpeux, coulant, gras, souple, moelleux, maigre ou velouté. Nombreux sont les qualificatifs qui permettent de déterminer l'originalité d'un vin dès la dégustation. Le dernier test de l'examen physique est la comparaison de l'échantillon avec un autre échantillon du même vin reçu précédemment: le produit pourrait être renvoyé si la différence est trop grande.

L'analyse chimique qui suit permet de vérifier la qualité du produit et de contrôler s'il correspond aux normes concernant la constitution, la classification et l'identification des vins produits hors du Canada, ce qui peut être différent.

Par la mesure de la densité du liquide à 20 degrés Celsius, on sait si le vin est sec, demi-sec ou doux. Un chromatographe en phase gazeuse sert à déterminer, sans distillation, le pourcentage d'alcool en volume des différentes boissons alcoolisées. L'appareil relié à un mini-ordinateur, donne en environ onze minutes la teneur en alcool d'un liquide avec deux décimales; ainsi, pour un Bourgogne rouge, nous pourrions avoir une lecture de 12,54 pour cent, pour un Beaujolais 13,26 pour cent, pour un Bourgogne blanc 11,50 pour cent, ce qui peut varier d'une cuvée à l'autre. Pour les vins importés, le pourcentage d'alcool acquis ne peut pas être inférieur à 8,5 pour cent l'alcool par volume alors que pour les vins canadiens le pourcentage d'alcool total doit être supérieur à 6. Les vins de table, à l'exception de certains vins d'appellation contrôlée, doivent avoir un pourcentage d'alcool total inférieur à 15 et l'acidité totale calculée en acide sulfurique doit être supérieure à 2,96

grammes par litre.

Un pH-mètre semi-automatique est utilisé pour mesurer le degré d'acidité totale; d'autres appareils aident à déterminer la teneur du vin en acidité volatile (surtout l'acide acétique). Les différents acides que l'on peut trouver dans un vin sont l'acide tartrique, l'acide acétique, l'acide malique, l'acide citrique, l'acide lactique et l'acide sorbique. L'acide sorbique, qui agit sur les levures sur lesquelles il a une action inhibitrice, est un préservatif qui peut être ajouté au vin jusqu'à concurrence de 200 milligrammes par litre. Les seuls autres préservatifs permis dans les vins importés sont l'acide ascorbique et l'anhydride sulfureux (SO_2) selon des normes précises.

Pour déterminer la quantité de solides totaux contenus dans le vin, on fait évaporer 10 millilitres de vin en les chauffant au bain-marie et en terminant l'opération dans un four-à-vide. Un vin sec contient environ 20 g de solides par litre, un demi-sec 40 g/litre et un vin liquoreux peut en contenir jusqu'à 100 g/litre.

Le vin contient des minéraux selon certaines normes bien définies; l'analyse chimique a pour but de déceler des irrégularités. Un spectrophotomètre à absorption atomique permet de connaître les minéraux présents et leur quantité. Le fer, le cuivre, l'arsenic, le plomb, le zinc, le fluor, le sodium, l'antimoine, le cadmium, l'argent, le mercure et le potassium peuvent entrer dans la composition du vin d'une façon naturelle. Le fer et le cuivre, par exemple, sont utiles pour la stabilité du vin.

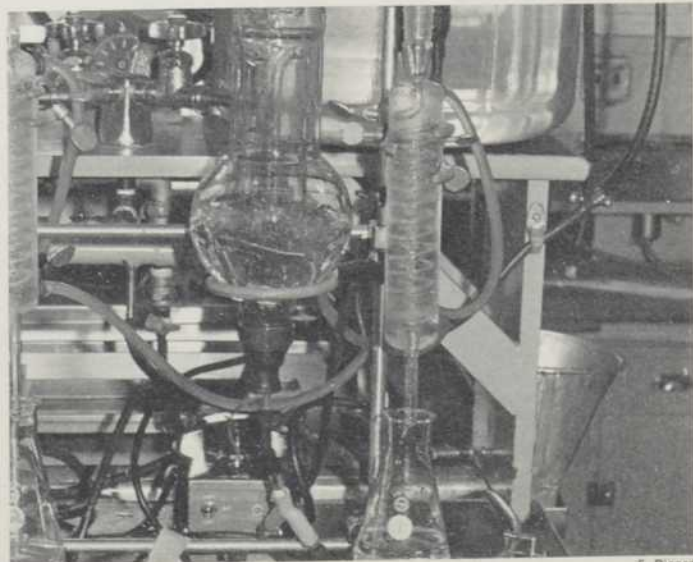
Un chromatographe en phase liquide est utilisé pour déterminer quantitativement les différents sucres — glucose, fructose et sucrose — contenus dans le vin. On peut aussi savoir si du sucre lui a été ajouté.

Selon les normes canadiennes, un vin doit être exempt de bactéries, de levures, de moisissures ou d'autres micro-organismes susceptibles d'affecter sa conservation. Les levures sont nécessaires à la fermentation, mais elles doivent être supprimées par filtrage avant que le vin ne soit présenté aux consommateurs. Si, dans un vin doux, des levures ont réussi à traverser le filtre en amiant et cellulose aux pores très fins, elles vont favoriser une nouvelle fermentation, produisant ainsi du gaz carbonique et de l'alcool, auquel cas le vin devient pétillant et le bouchon peut être éjecté comme sur une bouteille de champagne. Dans un vin sec, elles formeront un dépôt. Certaines bactéries peuvent transformer le vin en vinaigre. Le chimiste filtre donc une quantité donnée de vin pour recueillir les levures et les bactéries sur un papier-filtre dont les pores sont plus petits que les levures et les bactéries. Il fait ensuite incuber le prélèvement pendant 48 heures sur un petit coussinet de cellulose dans un vase de Pétri après l'avoir imbibé d'un milieu de culture; des colonies de levures et de bactéries se forment et on peut les observer à l'œil nu. Autrefois, on faisait ces examens au microscope, sans incubation dans un milieu de culture.

L'analyse des autres boissons

Pour s'assurer de la qualité

Dans les laboratoires de la Société des alcools, toutes les boissons alcooliques doivent subir les contrôles de la qualité. Toutefois, les normes varient selon qu'il s'agit d'un produit canadien ou étranger.



F. Picard

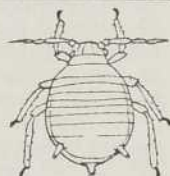
alcoolisées se fait de la même façon et des examens supplémentaires permettent de connaître les éléments différents. Pour les spiritueux, par exemple, un chromatographe en phase gazeuse permet de connaître la quantité des différents constituants de l'alcool qui sont présents et de les comparer aux standards internes.

En visitant les laboratoires de la Société des alcools, on constate que les possibilités d'acheter un produit falsifié ou de mauvaise qualité sont rares.

Les chercheurs font un travail minutieux, utilisant les appareils les plus traditionnels comme les balances à densité ou l'hydromètre de Sikes (mesure de densité du système britannique) et les appareils les plus modernes comme le chromatographe en phase gazeuse relié à un ordinateur pour obtenir la teneur en alcool. On réalise aussi que ces boissons alcoolisées, qui paraissent si simples dans un verre, sont, en fait, très complexes. (F.P.)

GÉNÉTIQUE

LES CHAMPIONS DE L'ADAPTATION



Les pucerons verts et noirs sont bien connus des agriculteurs et des horticulteurs de toutes les latitudes par leurs effets dévastateurs. Ils font partie de la famille des aphidiens qui comptent parmi les insectes les plus nuisibles aux plantes par le fait qu'ils s'attaquent sans distinction à toutes les sortes de récoltes de légumes et de fruits, sous tous les climats du monde. Au fur et à mesure que l'homme cultive de nouvelles parties de terres arables du globe, il modifie plus ou moins profondément les conditions de l'écologie végétale. Seulement quelques-unes des innombrables espèces d'insectes peuvent s'adapter rapidement à ces modifications et encore bien moins sont capables d'en profiter pour se transformer en parasites nuisibles. Les pucerons, véritables champions de l'adaptation, réussissent ce tour de force avec rapidité et aisance, au point de dérouter les généticiens. Ce casse-tête génétique a récemment été le sujet d'une étude de R.L. Blackman, du Musée britannique d'histoire naturelle à Londres.

Parasites universels, les pucerons créent continuellement des nouveaux problèmes théoriques et pratiques aux chercheurs spécialisés, en acquérant rapidement une résistance totale aux insecticides, ou en s'attaquant subitement à des plantes auparavant évitées. Ou encore des espèces jusqu'ici considérées comme inoffensives se manifestent brusquement comme espèces nuisibles. En raison de leur mode exceptionnel de reproduction, les aphidiens se prêtent difficilement aux études génétiques; aussi ont-ils été soigneusement laissés de côté par les

généticiens jusqu'à tout récemment. En génétique classique, on étudie le mode de transmission de caractères bien définis au moyen d'essais de croisements, ce qui implique une reproduction sexuée. S'il est facile d'élever en laboratoire des lignées parthénogénétiques d'aphidiens — ces dames se passent aisément du mâle! — la reproduction sexuée est en revanche beaucoup plus problématique. Elle ne se fait qu'une fois par année, en automne. Pour d'autres espèces, souvent les plus nuisibles, il n'y a jamais de reproduction sexuée. L'application des méthodes habituelles de recherche en génétique s'avère donc longue et difficile dans le cas des aphidiens qui ne connaissent qu'une reproduction sexuée par an, voire impossible lorsqu'il y a reproduction exclusive par parthénogénèse. Les généticiens doivent donc chercher d'autres moyens d'accès aux gènes des aphidiens.

Au point de vue génétique, le cycle vital des pucerons est relativement simple: la plupart des espèces des climats tempérés ne se reproduisent sexuellement qu'une fois à l'automne afin de pouvoir conserver les oeufs à l'abri du gel durant l'hiver; les femelles parthénogénétiques qui en émergent au printemps constituent la première d'une série de générations parthénogénétiques qui se succèdent jusqu'à l'automne suivant où il y aura une nouvelle reproduction sexuée.

Un tel système de parthénogénèse cyclique est avantageux car il permet la constitution rapide de colonies prolifiques sur les pousses végétales en croissance, chaque colonie descendant d'une seule femelle

parthénogénétique. De plus, la reproduction sexuée à l'automne entraîne un réassortiment annuel des gènes et, partant, l'apparition de nouvelles combinaisons qui seront mises à l'essai l'année suivante.

Chaque puceron issu d'un oeuf fécondé ayant un assortiment unique de gènes, on peut s'attendre à ce que les premières générations parthénogénétiques soient génétiquement différentes de celles issues d'organismes à reproduction exclusivement sexuée. Cependant, dans la mesure où chaque individu peut amorcer un clone de descendants innombrables, tous de la même structure génétique — on dira du même génotype —, le schéma de l'ensemble se modifie rapidement. Or, certains génotypes semblent plus aptes que d'autres à faire face à des changements d'environnement, soit le nombre d'heures d'éclairement, la température ambiante, l'abondance de nourriture, le contact avec la plante-hôte, etc. Lorsque la saison avance, un nombre rapidement croissant de génotypes se trouve éliminé par inadaptation ou simplement par l'effet du hasard, de sorte que, rendu à l'automne, seuls quelques génotypes contribueront au pool génétique dont émergeront les aphidiens de l'année suivante. On constate d'ailleurs un phénomène semblable chez la plupart des organismes à reproduction sexuée; c'est le mécanisme classique de la sélection naturelle dans le sens darwinien du terme selon lequel seuls les génotypes les mieux adaptés survivent et se reproduisent efficacement.

Chez les aphidiens, au contraire, chaque génotype est représenté au printemps et en été non pas par un seul individu, mais bien par tous les membres d'un clone qui peut compter des millions de membres, en tout lieu et en tout moment. Dès lors s'ouvrent des questions auxquelles la génétique ne peut pas encore donner de réponses satisfaisantes. Quelle est la structure génétique des aphidiens? Combien de clones comporte-t-elle? Quelle est la nature des interactions entre clones? Comment ce système génétique particulier, basé sur l'alternance de la reproduction sexuée et de la parthénogénèse, affecte-t-il l'aptitude des variétés d'aphidiens à s'adapter aux changements d'environnement au cours d'une saison donnée et en passant d'une saison à l'autre?

Dans les régions à climats tempérés et froids, la reproduc-

tion sexuée à l'automne permet à l'oeuf de survivre en hiver, mais cette phase sexuée devient inutile chez les mêmes aphidiens vivant en zone tropicale, elle y est alors logiquement supprimée. Mais les phases successives de parthénogénèse exclusive posent de nouveaux problèmes, car les modifications génétiques, spécialement les mutations, produisent à la longue des effets désavantageux au point de vue de la sélection naturelle. En effet, il n'y a qu'une chance sur plusieurs millions pour qu'une mutation avantageuse, se produisant dans les cellules reproductrices d'une femelle parthénogénétique confère aux descendants de meilleures aptitudes biologiques que celles qui caractérisaient leur mère. Mais les populations d'aphidiens — les nuisibles surtout — sont si nombreuses qu'il peut toujours se produire un tel événement rare, mais avantageux, à un moment donné. C'est de cette façon qu'on explique le fait que le puceron tacheté de la luzerne, qui ne se reproduit que par parthénogénèse, a pu acquérir presque subitement une exceptionnelle résistance aux insecticides dans les trois ans seulement après son importation d'Europe aux États-Unis.

Les aphidiens se reproduisant par parthénogénèse seulement constituent donc un véritable cauchemar pour les taxonomistes qui se demandent encore si une mutation permettant, par exemple, la colonisation subite d'un hôte végétal auparavant évité, est le propre de l'espèce donnée ou si on doit dès lors considérer le nouveau mutant comme une espèce différente. Il existe des aphidiens, exclusivement parthénogénétiques, qui semblent vraiment constituer des espèces distinctes mais dont on ignore même les origines.

Les biologistes savent que la parthénogénèse n'a pas la souplesse de la reproduction sexuée; elle doit être considérée plutôt comme une sorte de cul-de-sac dans l'évolution. Mais les aphidiens, toujours exceptionnels, ont trouvé le moyen idéal de combiner les avantages à court terme d'une parthénogénèse continue avec ceux à long terme d'une reproduction sexuée occasionnelle. C'est le cas, par exemple, du puceron vert du pêcher, une espèce très nuisible répandue dans le monde entier. Dans les pays à hiver rigoureux, il se reproduit sexuellement à l'automne, les oeufs étant aptes à résister au froid, tandis qu'il se reproduit exclusivement par parthénogénèse

MALADIES CARDIO-VASCULAIRES

LES GRAISSES NE SONT PAS TOUTES COUPABLES

Le Québec fait partie de ces pays où le taux de maladies cardiaques est élevé. Comme dans d'autres pays où des études sont menées depuis une trentaine d'années sur ce sujet, il a été prouvé que la consommation de quantités importantes de graisses animales était en relation certaine avec la maladie des coronaires, ces artères qui irriguent le muscle cardiaque. Et les pires de ces graisses sont celles dites saturées, c'est-à-dire le beurre, le fromage, le gras des viandes, qui depuis trois siècles ont une place de choix dans la cuisine québécoise.

Mourir «cardiaque», c'est mourir d'une thrombose des coronaires, d'une occlusion de ces vaisseaux sanguins. La raison, généralement admise, du rétrécissement, puis du bouchage des artères, est que des plaques d'athéromes, composées de cholestérol, de triglycérides et de lipoprotéines du sang, viennent épaissir leur paroi.

Mais différentes expériences et constatations laissent croire que cette explication n'est pas suffisante. Ainsi, des animaux soumis à un régime alimentaire riche en cholestérol n'ont pas fait d'infarctus du myocarde, ce qui pourrait signifier que le cholestérol n'est peut-être pas seul en cause dans le processus thrombotique. De même, il est difficile de donner à l'heure actuelle une explication valable de la fluctuation du taux des problèmes cardio-vasculaires selon les pays ou les régions.

Dans ce contexte, il se pourrait fort que M. Serge Renaud, directeur du département de nutrition de la faculté de médecine de l'Université de Montréal, apporte des connaissances nouvelles qui permettront d'évaluer les risques et d'effectuer un véritable travail de prévention des accidents cardiaques. La revue *Chercheurs*, dans un article signé Bernard Lévy, fait le point sur le résultat des travaux de M. Renaud, travaux qui tendent à prouver que l'occlusion des vaisseaux sanguins, et notamment des coronaires, proviendrait d'une modification du processus de coagulation du sang.

Vingt années de travail sur ces questions ont amené M. Renaud à se demander si cer-

taines graisses (qui restent à identifier) ne prédisposaient pas directement à la thrombose par un effet sur certains composants du sang et principalement sur les plaquettes sanguines, responsables de la coagulation.

«M. Renaud a donc d'abord examiné *in vitro* le rôle des acides gras sur les plaquettes sanguines et la coagulation, explique *Chercheurs*. Il a remarqué que seuls les acides gras saturés à longue chaîne (plus de quatorze atomes de carbone), en particulier l'acide stéarique, ont un effet très marqué à la fois pour induire l'agrégation des plaquettes et pour déclencher ou accélérer la coagulation. D'autre part, l'infusion de ce type d'acides gras chez l'animal déclencherait la formation de thromboses massives dans différents organes.

«Des études ultérieures ont permis de montrer que l'un des mécanismes par lequel ces acides gras (acide stéarique, mais également acides myristique et palmitique contenus notamment dans le beurre et les laitages) prédisposaient les rats et les lapins à des phénomènes thrombotiques, tenait à une modification de la composition en acides gras des phospholipides plaquettaires. Il en résultait une augmentation de la propension des plaquettes à l'agrégation, ainsi qu'une augmentation de l'activité du seul facteur de coagulation d'origine lipidique (facteur trois), la partie active étant un ou plusieurs phospholipides. En revanche, un régime riche en acide oléique, l'huile d'olive, ne semble pas être thrombogène.»

Ces résultats, obtenus en laboratoire sur des rats et des lapins, il fallait tenter de les retrouver chez l'homme, c'est-à-dire démontrer que le beurre, le beurre de cacao, la végétaline, la graisse des viandes et les autres graisses saturées prédisposent à la thrombose artérielle et veineuse, principalement par un effet direct sur les plaquettes sanguines.

M. Renaud a choisi de comparer deux groupes d'agriculteurs à vie comparable: repas pris à la maison, travail en plein air, mobilité sociale à peu près nulle. Le premier groupe habitait la Moselle dans le Nord-est de la France et consommait en abondance beurre et produits

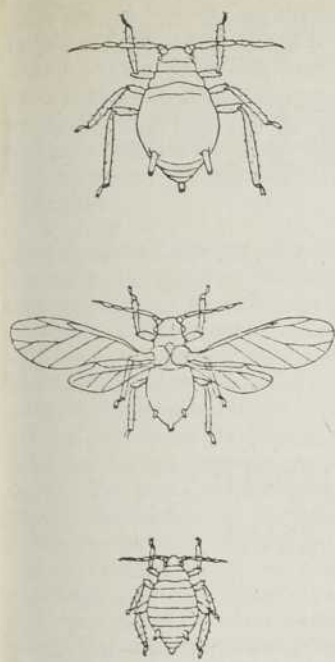
laitiers, tandis que le second groupe résidait dans le Var, département du Sud de la France, et cuisinait surtout à l'huile d'olive.

Chez les agriculteurs de la Moselle, les plaquettes ont montré une activité coagulante beaucoup plus importante que pour celles de leurs collègues du Var, confirmant ainsi les résultats obtenus sur les animaux. D'autre part, les plaquettes des habitants de la Moselle ont présenté une hyperagréabilité par rapport à celles des sujets du Var. Pour les animaux nourris à la graisse saturée, les mêmes observations avaient été effectuées. Or, c'est de l'agrégation des plaquettes que naît le thrombus, la masse sanguine coagulée. Enfin, aucune différence notable dans la cholestérolémie n'est signalée. Quant aux triglycérides du sérum, elles sont plus élevées dans le Var.

La grande constatation qui se dégage de ces travaux, explique *Chercheurs*, est que les acides gras saturés à longue chaîne sont reliés de façon très significative aux fonctions de coagulabilité et d'agrégabilité des plaquettes, tandis que le cholestérol ne semble pas relié aux graisses saturées.

L'équipe de M. Renaud a décidé d'étendre ses recherches à des groupes de Grèce et d'Écosse et pourrait même en arriver à l'étude de populations africaines qui utilisent les huiles de palme, d'arachide, de coco, le beurre de karité, graisses végétales qui pourraient apporter des éléments importants dans la compréhension du mécanisme de l'action des graisses.

Une fois certains de l'origine précise du mécanisme provoquant la thrombose, peut-être pourrions-nous alors effectuer un travail efficace de prévention... sans trop perturber nos petites joies alimentaires?



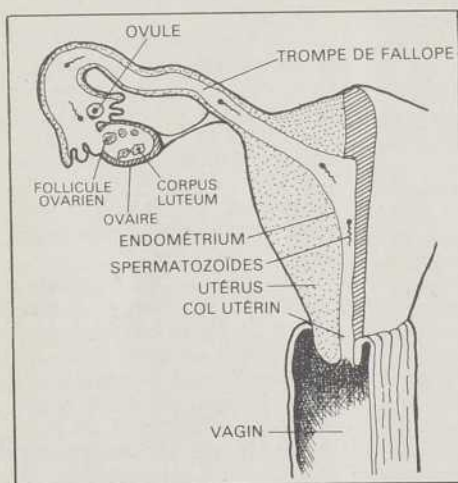
nèse dans les zones tropicales. Entre ces deux extrêmes, dans les régions où les hivers sont plutôt doux, l'espèce peut avoir une phase sexuée, mais elle peut tout aussi bien passer l'hiver en parthénogénèse. Mais alors comment se fait le choix entre les diverses options en fonction des conditions climatiques qui varieront d'une année à l'autre? Par «consultation» des prévisions météorologiques? Mystère! Mais le fait est que les aphidés y arrivent grâce à un simple mécanisme biologique de précaution: à l'automne, les génotypes normalement parthénogénétiques donnent naissance à quelques mâles qui seront toujours prêts à se dévouer dans l'intérêt de la survie de l'espèce en s'accouplant à des femelles sexuées. Ce sont en somme des mâles qui restent sur des tablettes en cas de besoin!

Il y a cependant deux nouvelles techniques de laboratoire qui peuvent aider les généticiens à surmonter les difficultés inhérentes à certaines espèces. L'une, une technique cytogénétique, permet aujourd'hui de matérialiser les chromosomes sous forme d'une suite de bandes transverses qui, tout en reflétant les différences de composition protéique le long de chaque chromosome, facilite l'analyse détaillée des changements affectant les chromosomes d'une espèce donnée ou d'espèces différentes. La technique de l'électrophorèse permet de séparer et d'identifier les enzymes, protéines qui résultent directement de l'action des gènes. (J.R.)

LES NOUVELLES ARMES DE LA CONTRACEPTION

Les efforts déployés pour rendre exceptionnel un événement presque inévitable depuis Adam et Ève

par Jean-Marc Fleury



Près de la moitié des femmes qui se sont fait avorter, l'an dernier, au Canada, utilisaient une méthode contraceptive au moment de la conception.

Il y a certes là un important manque d'information quant à la manière d'utiliser les technologies contraceptives, mais ce n'est pas là l'unique problème. Même si 80 à 100 millions de femmes dans le monde prennent régulièrement la pilule, près de 75 pour cent de celles qui commencent à l'utiliser ont cessé de la prendre un an plus tard. L'une des raisons de plus en plus invoquées, par celles qui abandonnent la pilule ou le stérilet tient aux réactions secondaires indésirables et aux risques associés à ces méthodes. Lors d'un colloque sur la reproduction, tenu à New York en décembre dernier, le docteur Kenneth Ryan, du Harvard Medical School, a résumé la situation comme suit: «Les contraceptifs les plus efficaces sont les plus risqués; il existe une relation inverse entre le taux d'efficacité de la méthode contraceptive et sa sûreté.»

Les media ont déjà largement fait écho aux risques accrus que courent les femmes qui prennent la pilule, notamment celui de la formation de caillots sanguins pouvant provoquer des thrombophlébites et des embolies pulmonaires. D'autres problèmes comme des tumeurs du foie, des infarctus du myocarde, des maladies de la vésicule biliaire et des grossesses extra-utérines (hors de l'utérus) ont été associés à la pilule. Bien que l'on n'ait établi aucune preuve d'un rapport quelconque entre la pilule et l'apparition de cancers de l'utérus ou du sein, plusieurs s'inquiètent d'un lien possible. Il y a aussi tous les effets secondaires bénins, mais indésirables comme l'apparition de taches pigmentaires, les bouffées de chaleur et les prises de poids.

Quant aux stérilets, on doit reconnaître qu'ils ne protègent pas aussi bien la femme contre la grossesse que la pilule.

Ils ont une efficacité théorique de 97 pour cent comparée à 99,6 pour cent pour la pilule. Ils ont aussi leur lot d'effets indésirables, les plus sérieux étant les perforations de l'utérus qui se produisent parfois au moment de l'insertion, ainsi que les crampes abdominales et les pertes de sang souvent associées aux premiers mois de leur mise en place. De plus, on a découvert au cours des deux dernières années que si une grossesse se déclarait et que le dispositif intra-utérin (DIU) demeurait en place, il accroissait considérablement le risque d'avortement spontané et prédisposait la femme à un avortement «septique», avortement provoqué par une contamination microbienne, pendant le deuxième trimestre de la grossesse. Cette dernière éventualité pose de sérieux problèmes car des femmes sont mortes en moins de 24 heures à la suite d'un avortement de ce type, alors qu'elles n'affichaient pour tous symptômes que ceux d'une grippe ordinaire. Enfin, on a dû admettre récemment que le risque d'infection de l'appareil génital est sept fois plus élevé pour toute femme munie d'un DIU. Il faut alors recourir à une intervention chirurgicale qui rend toute future grossesse impossible. Ce qui faisait dire au docteur Elizabeth Connell, de la Fondation Ford, lors du colloque sur la reproduction, qu'il était préférable qu'une jeune femme n'ayant jamais eu d'enfants renonce aux dispositifs intra-utérins. Enfin, les DIU tout comme la pilule, accroissent les risques de grossesse extra-utérine car s'ils protègent contre une grossesse l'intérieur de l'utérus, ils ne s'opposent pas à celle qui pourrait survenir dans les trompes ou dans les ovaires. Lorsqu'une telle grossesse survient, elle requiert une intervention chirurgicale majeure avec ablation de la trompe ou de l'ovaire.

Aussi n'est-il guère surprenant qu'au cours des derniers mois, on a observé une course aux méthodes mécaniques, préservatifs et diaphragmes.

Bien utilisée, cette dernière méthode, appliquée de concert avec des gélées spermicides, possède une efficacité théorique égale à celle du condom utilisé seul, 97 pour cent. Depuis quelque temps, aux États-Unis, les fabricants de diaphragmes ne fournissent plus à la demande.

Une préoccupation séculaire

Pourtant, le docteur Elizabeth Connell souligne que jusqu'à l'âge de 40 ans, une méthode contraceptive, quelle qu'elle soit, demeure moins dangereuse que la grossesse elle-même. Le risque de décès associé à la grossesse est en effet de 5 à 50 fois plus élevé que le risque associé à la pilule. Il importe donc que les femmes décident en toute connaissance de cause et sachent bien qu'en utilisant une méthode sans effet secondaire, mais moins efficace, elles se trouvent plus exposées à une grossesse éventuelle et aux risques qui y sont associés. Mais encore là, l'avortement thérapeutique (le plus souvent par aspiration), pratiqué au cours des trois premiers mois, est cinq fois moins dangereux que la poursuite de la grossesse jusqu'à son terme. Aussi, pour le docteur Connell, la stratégie contraceptive la plus efficace et la moins risquée consiste à recourir d'abord aux méthodes mécaniques, puis à l'avortement thérapeutique, au cas où la conception aurait eu lieu.

Mais de façon générale, le recours à l'avortement souligne souvent l'échec des méthodes contraceptives. Des centaines de millions d'hommes et de femmes partagent le besoin de meilleures méthodes anticonceptionnelles.

On estime, par exemple, à quelque 335 millions, le nombre de grossesses commencées dans le monde, l'an dernier. Environ 160 millions se sont terminées par des avortements spontanés ou la naissance de bébés mort-nés, et 50 millions par des avortements provoqués. Des 125 millions d'enfants nés vivants, 10 à 55 millions semblaient ne pas avoir été désirés, du moins à ce moment-là.

Ce bilan ne rend pourtant pas justice aux innombrables moyens imaginés par les hommes pour «empêcher la famille». Il n'y a pas si longtemps, on disait aux femmes de demeurer passives et de penser à «autre chose» pendant les relations sexuelles. Des milliers trouvaient la mort après avoir ingurgité des solutions d'arsenic et de plomb pour empêcher la grossesse ou provoquer l'avortement. Une fois que l'on eût réalisé que la semence de l'homme y était pour quelque chose, toutes sortes de concoctions bizarres la suivirent dans le milieu vaginal: fumier d'éléphant et de crocodile, cire d'oreille animale mélangée à du miel et du blanc de chaux, même les feuilles de chou... On raconte que l'arzanova avait l'habitude de donner à ses conquêtes de petites balles en or qui, introduites dans le vagin, étaient censées empêcher la fécondation. La légende

veut que si la femme devenait enceinte, elle pouvait se consoler en gardant l'or.

Plus de 200 nouvelles approches

Tout de même, plusieurs méthodes antiques firent leurs preuves. Au Mali, par exemple, des femmes introduisaient une toile d'araignée appelée n'talenfura au fond de leur vagin, juste avant les relations sexuelles, tout comme l'on fait aujourd'hui avec le diaphragme. Dès l'époque des pharaons, on trouve des exemples de préservatifs, ou condoms, qui furent plus tard connus en France sous le nom de capote anglaise et que les Anglais appellent «french letter».

Les méthodes modernes comme la pilule et le stérilet ne datent que des années 1960. Aujourd'hui, les fonds consacrés à la recherche sur la contraception diminuent alors que le problème demeure entier. Pour relancer les recherches dans ce domaine où la science a un impact social des plus importants, la Fondation Ford, en collaboration avec le Centre de recherches pour le développement international du Canada et la Fondation Rockefeller, a commandité une étude exhaustive pour faire le point sur la recherche anticonceptionnelle. L'étude, intitulée *Reproduction and Human Welfare: A Challenge to Research*, a été rendue publique lors de ce colloque sur la reproduction. C'est un bilan sans précédent des connaissances récentes sur les mécanismes de la reproduction et sur les technologies de la contraception. On y trouve une description complète des systèmes reproducteurs masculins et féminins ainsi qu'une liste de 200 nouvelles approches pouvant conduire à la mise au point de technologies contraceptives plus sûres et plus efficaces.

Quelle que soit sa condition, juge ou secrétaire, célibataire ou mariée, chaque mois de sa vie sexuelle, la femme se prépare en vue de la conception. Un ovule mûrit dans ses ovaires, la muqueuse du col utérin se lubrifie pour laisser entrer les spermatozoïdes, ses trompes de Fallope se préparent à apporter l'ovule jusqu'à l'utérus et la muqueuse interne de celui-ci se gonfle pour nourrir et abriter l'ovule fécondé.

Cette délicate dynamique est sous le contrôle du cerveau. Organe sexuel à sa façon, il synchronise tous ces événements, par l'intermédiaire de l'hypophyse, en mesurant les taux d'hormones sécrétées par les organes qu'il influence. Étant influencé par les sécrétions des organes qu'il commande, une boucle d'auto-régulation s'instaure spontanément.

Un ovule sur 20 devient mature

L'événement clef du processus reproducteur féminin est l'ovulation. Elle se produit une fois par mois dans les gonades féminines, ou ovaires, deux petites glandes pas plus grosses qu'une noix. L'ovule, cellule reproductrice féminine libérée lors de l'ovulation, s'unissant au spermatozoïde, ou cellule repro-

ductrice masculine, formera l'ovule d'où émergera un nouvel être vivant. Les minuscules ovaires du fœtus féminin de cinq mois contiennent des millions de cellules aptes à se transformer en ovules. Leur nombre diminue ensuite rapidement, pour atteindre seulement un million à la naissance. Sept années plus tard, il ne restera à la petite fille que 300 000 ovules, dont la moitié déjà en voie de dégénérescence. Malgré tout, la jeune femme en aura bien suffisamment puisqu'elle n'en conduira que 350 à 400 jusqu'à maturation, au cours d'autant de cycles qui constitueront sa vie sexuelle de femme adulte.

Chaque cycle commence par la maturation progressive d'une vingtaine d'ovules, maturation qui se déroule dans les follicules, de petits sacs remplis d'un liquide blanchâtre qui font saillies à la surface des ovaires. Un seul follicule conduit finalement son ovule jusqu'à terme, émettant une substance non identifiée qui provoque la dégénérescence des autres follicules. Cette substance n'a pas encore été isolée chez les humains, mais on a découvert l'agent inhibiteur de la maturation des ovules de la truie. La découverte d'un analogue humain pourrait peut-être offrir une nouvelle pilule contraceptive.

Il faut normalement une quinzaine de jours avant qu'un ovule mûr n'émerge d'un follicule, mais cette première phase du cycle (phase dite folliculaire) peut durer d'une semaine à un mois. Pendant la phase folliculaire, le follicule sécrète des hormones, les oestrogènes. Captés par l'utérus, les oestrogènes suscitent le développement de l'endomètre, une couche de cellules qui tapisse la muqueuse interne de l'utérus, lui permettant d'accueillir et de nourrir l'ovule.

Le quinzième jour, le follicule éclate et libère l'ovule, aussitôt happé par la trompe de Fallope. L'agent responsable de cet éclatement est une prostaglandine, qui, bien que dans ce cas elle assure la poursuite de la reproduction, fait partie d'une famille de substances qui font beaucoup parler d'elles à cause de leurs propriétés abortives. On a découvert chez la lapine une substance anti-prostaglandine qui ne s'oppose pas à la maturation de l'ovule, mais empêche sa libération par le follicule. La mise au point d'une substance similaire efficace sur les humains constituerait un excellent moyen contraceptif puisque, contrairement à la pilule, il ne modifierait pas l'équilibre hormonal.

Une fois l'ovule expulsé, le follicule se métamorphose en corps jaune qui règne pendant toute la seconde phase du cycle, phase dite lutéinique, en sécrétant la progestérone. Hormone de la grossesse, la progestérone assure le plein développement de la dentelle endométriale et la poursuite de la grossesse. S'il n'y a pas de grossesse, le corps jaune s'atrophie, le taux de progestérone diminue, la dentelle endométriale dégénère et l'utérus

l'évacue, ce qui donne l'hémorragie menstruelle. En même temps, une nouvelle série de follicules commence à mûrir, début d'un nouveau cycle.

Un véritable «hormonostat»

L'oestrogène et la progestérone sécrétés par les ovaires constituent les deux hormones sexuelles de la femme. Elles assurent le plein épanouissement des caractères sexuels secondaires, mais surtout elles préparent l'utérus à la grossesse. L'oestrogène amorce la formation de l'endomètre et la progestérone le maintient en place. La cavité utérine demeure la principale cible des hormones sexuelles, mais transportées par le flux sanguin, on retrouve leurs traces partout dans le corps. De cette façon, le cerveau est averti des taux d'hormones auxquels l'utérus est exposé.

Une fois que le cerveau considère les taux d'hormones sexuelles trop faibles, par exemple, il suscite le départ d'un nouveau cycle en émettant des substances, dites facteurs de libération, en direction de l'hypophyse. Ces facteurs déclenchent la libération de folliculostimuline (FSH) et de lutéinostimuline (LH), deux «stimulines» stockées dans l'hypophyse. FSH stimule la production d'oestrogène par le follicule et LH provoque l'ovulation, puis stimule la production de progestérone par le corps jaune. Lorsque les concentrations des deux hormones atteignent des niveaux jugés suffisamment élevés par le cerveau, celui-ci cesse d'émettre les facteurs de décharge. L'hypophyse ne libère plus de stimulines et les ovaires cessent de fabriquer les hormones. Les taux d'oestrogène et de progestérone baissent, le cerveau excite de nouveau l'hypophyse qui stimule encore les ovaires, et un nouveau cycle recommence.

L'ensemble fonctionne comme un véritable «hormonostat», la pénurie d'hormones entraînant des sécrétions de stimulines, l'excès d'hormones inhibant toute émission de facteurs de libération et de stimulines. C'est un système à rétroaction négative.

Mais s'il y a fécondation et qu'une grossesse débute, le cerveau ne doit pas amorcer un nouveau cycle car l'oeuf serait expulsé en même temps que la dentelle endométriale. Dès sa formation, le fœtus stimule donc la production de progestérone puis en fabrique lui-même. Il en a besoin pour son développement, mais en même temps, il se protège en conservant la concentration hormonale à un niveau qui empêche le cerveau de déclencher un nouveau cycle.

C'est en mettant à profit cette boucle de rétroaction négative utilisée par le fœtus que Pincus et Chang imaginèrent la Pilule, en 1953. Celle-ci contient tout simplement des doses d'hormones suffisantes pour faire croire au cerveau qu'une grossesse est en cours.

De la pilule au bracelet contraceptif

Les premières pilules utilisaient 150 microgrammes d'oestrogène (50 pour cent du taux quotidien sécrété par l'ovaire au milieu du cycle menstruel) et 10 milligrammes de progestérone (25 pour cent de la sécrétion maximale en phase lutéinique). Après avoir constaté les effets secondaires indésirables de la pilule, effets principalement associés à l'oestrogène, on a diminué de 90 et de 70 pour cent les quantités respectives d'oestrogène et de progestérone dans les pilules dites «combinées». La Chine, qui est en avance de ce côté, continue encore de les diminuer.

En Amérique, on a mis sur le marché des «mini-pilules» contenant uniquement des progestatifs, analogues de la progestérone. On les recommande surtout pour celles qui souffrent des effets secondaires des pilules combinées. Par ailleurs, l'action des progestatifs pouvant être maintenue de façon continue pendant des mois, on a inventé plusieurs «pilules» de longue durée.

Au Mexique, par exemple, plus de 20 pour cent des femmes choisissent de subir une piqûre de progestatifs dont l'effet peut durer six mois. Ces injections sont utilisées dans 64 pays, mais ni au Canada ni aux États-Unis. On a aussi inventé d'autres moyens moins piquants pour administrer les progestatifs. Des capsules de polysiloxane contenant de la progestérone peuvent être insérées sous la peau de la face interne de l'avant-bras. Cependant, si elles ont l'avantage, encore théorique, de pouvoir agir pendant plusieurs années, le polysiloxane étant inerte et non biodégradable, il faut une nouvelle incision pour extraire la capsule. Aux États-Unis, le *Population Council* a mis au point une capsule en silastique, qui libère les progestatifs à un taux très régulier, diminuant ainsi l'incidence des pertes sanguines accrues associées à ces méthodes. D'après le docteur Daniel Mishell, de l'University of Southern California, le plus prometteur de ces procédés «longue durée» est un anneau intravaginal de polysiloxane, imprégné de progestatifs, qui libère l'hormone à un taux beaucoup plus faible que les pilules combinées. La femme peut le placer elle-même, sans l'intermédiaire du médecin, puisqu'il n'a pas à être fixé au col de l'utérus. De plus, point n'est besoin de compter les jours. Le début des règles se charge d'indiquer qu'il est temps de le retirer. La femme l'enlève alors pour cinq jours, puis le remet en place. Le même anneau peut servir six mois. Enfin, comble de la coquetterie, il existe des bracelets émetteurs de progestatifs qui sont absorbés à travers la peau.

Les gonadostimulines FSH et LH ne sont pas les deux seules hormones à agir sur les ovaires. La prolactine, sécrétée elle aussi par l'hypophyse, a la propriété de stimuler la production de lait par les

glandes mammaires et d'inhiber, en même temps, la libération de FSH et LH. Elle abaisse de 20 pour cent le taux de fécondité chez la femme qui allaite et offre donc une piste valable pour la contraception.

Un vaccin prometteur

Une quatrième hormone agit sur les ovaires, la gonadotrophine chorionique (hCG). Contrairement à la prolactine, elle ne supprime pas FSH ni LH, mais se substitue à LH lorsqu'il y a fécondation. De plus, ce n'est pas l'hypophyse, mais l'embryon lui-même qui la sécrète dans l'une de ses premières manifestations d'indépendance. On trouve des taux très élevés de hCG chez la femme enceinte; sa détection constitue d'ailleurs le principe de base de la plupart des tests de grossesse. En sécrétant hCG, l'embryon prend la relève de l'hypophyse et s'assure une alimentation continue de progestérone en commandant directement le corps jaune. Toutefois, ce mécanisme de relève échoue dans 30 à 50 pour cent des cas. L'une des approches les plus révolutionnaires en matière de contraception serait d'arriver à le faire échouer constamment, en immunisant la femme contre la gonadotrophine hCG. Un vaccin conférerait l'immunité contre hCG en faisant se retourner les mécanismes immunologiques (responsables du rejet des greffes) contre la gonadotrophine chorionique, chaque fois qu'il y aurait fécondation. Sans hCG, le corps jaune cesserait de fabriquer la progestérone et l'utérus expulserait l'oeuf au cours des règles. Une femme vaccinée contre hCG ne remarquerait aucune différence dans ses règles, qu'il y ait eu fécondation ou non. Au cas où elle désirerait avoir un enfant, il lui suffirait de prendre des doses régulières de progestatifs. Dans ce cas, la pilule aurait exactement l'effet contraire à celui qu'on lui connaît présentement!

Pour le docteur G.P. Talwar, du All India Institute of Medical Science, inventeur de cette méthode, la première difficulté à résoudre tenait à la grande similitude chimique qui existe entre LH et hCG. Un vaccin qui mobiliserait aussi l'organisme contre LH bouleverserait le cycle menstruel. Afin de résoudre ce problème, le docteur Talwar a exploité la configuration des molécules LH et hCG qui se divisent chacune en deux parties, alpha et bêta. La partie alpha est identique; seule bêta diffère d'une molécule à l'autre. Son vaccin utilise donc uniquement le fragment bêta. L'autre difficulté tenait à la relative petite taille du fragment bêta, trop petit pour provoquer les mécanismes immunologiques. Afin de stimuler ceux-ci, le docteur Talwar a eu la brillante idée de souder le fragment hCG bêta à la molécule utilisée dans le vaccin antitétanique, qui est très répandu en Inde.

Les tests effectués jusqu'ici ont porté uniquement sur des femmes qui avaient les trompes ligaturées et ne risquaient donc aucune grossesse. Malgré cela, le vaccin a provoqué exactement les réactions prévues, sans aucun effet secondaire. Cette approche demeure si prometteuse que plusieurs organismes internationaux, dont le Centre de recherches pour le développement international, ont financé un vaste programme de recherches dans cinq pays pour vérifier l'efficacité et la sûreté du vaccin contraceptif.

Une course contre les hormones

Chez la femme enceinte, non vaccinée, l'hormone hCG vient assurer la survie du corps jaune. Dans le cas contraire, une substance encore inconnue, vient causer son atrophie. Chez le mouton, on a identifié cet agent, une prostaglandine. Aussitôt, on a pensé qu'il en était de même chez la femme et que les prostag-

landines donneraient des pilules, à prendre une fois par mois, aptes à provoquer la régression du corps jaune et à déclencher un nouveau cycle, conception ou non. Mais, bien qu'elles puissent servir d'abortif de la neuvième à la vingt-huitième semaine de la grossesse, on s'est vite rendu compte que les prostaglandines n'inquiétaient pas le corps jaune de la femme. Il a fallu fabriquer des prostaglandines synthétiques pour obtenir cet effet. Il reste néanmoins à découvrir d'autres prostaglandines qui auront une action plus marquée. On disposera alors d'une pilule «mensuelle» qui déclenchera les règles même s'il y a eu fécondation.

De son côté, lors du colloque de New York, le professeur Bert O'Malley, de Houston, a proposé que l'on utilise les immenses progrès réalisés dans le domaine de la biologie cellulaire pour empêcher les cellules du corps jaune de fabriquer la progestérone. Ces cellules

possèdent des récepteurs chimiques pour décoder les messagers hormonaux. Il suffirait de fabriquer un produit qui battrait LH ou hCG à la course et irait occuper les sites récepteurs du corps jaune de façon permanente. Cette substance serait suffisamment semblable aux hormones naturelles pour être acceptée par les récepteurs, mais pas assez pour mettre en marche la production de progestérone. Une autre approche moléculaire consisterait à utiliser une substance capable de briser les récepteurs pour les rendre inactifs.

Des composés naturels, dont le mode d'action demeure encore inconnu, ont la propriété de détruire le corps jaune. L'un d'eux, extrait d'une plante mexicaine appelée Zoapatle (*Montanoa tuberosa*) possède déjà une longue carrière d'abortif. Une substance synthétique, le Centchroman, inventée en Inde, a aussi la propriété de réduire la production de progestérone, mais on ignore encore comment.

À l'heure actuelle, la seule pilule du «lendemain» disponible sur le marché consiste en une importante dose d'oestrogène synthétique, le diéthylstilboestrol. Cette pilule contient de 500 à 1 000 fois plus d'oestrogène que la pilule. Il faut la prendre à raison de deux par jour pendant cinq jours, moins de 72 heures après les relations sexuelles. On la recommande uniquement comme solution de dernier recours à cause des maux de tête, des nausées et des irrégularités qu'elle occasionne. De plus, on suggère à celles qui deviendraient quand même enceintes après l'ingestion de DES d'envisager la possibilité d'un avortement thérapeutique. On a en effet observé des cas de cancer du vagin chez des jeunes filles mises au monde par des mères qui avaient pris du DES pendant leur grossesse.

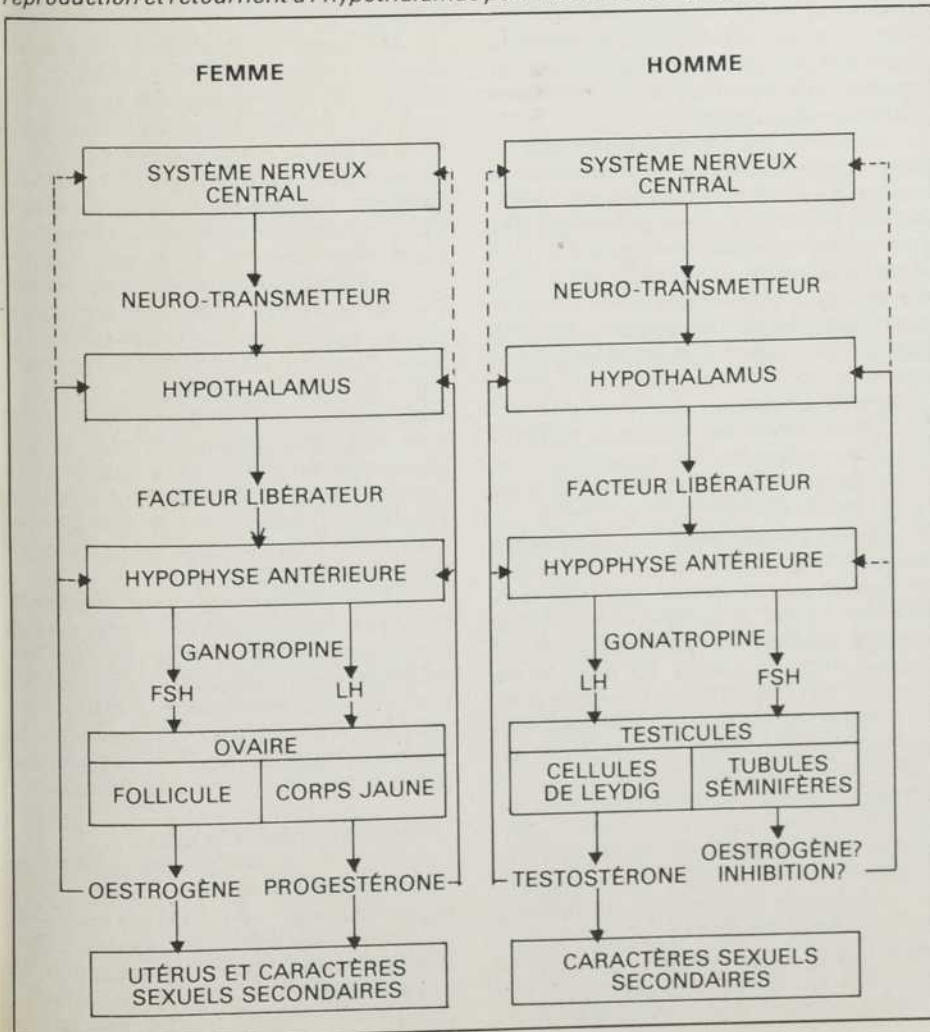
Un organe multifonctionnel

Les hormones sexuelles, oestrogène et progestérone, nous l'avons vu, exercent une rétroaction négative sur la libération hypophysaire de FSH et de LH, limitant ainsi leur propre production par les ovaires. Dans certains cas, par contre, on a découvert que les hormones sexuelles exerçaient une rétroaction positive sur l'hypophyse. En effet, juste au milieu du cycle, alors qu'il atteint son taux maximum, l'oestrogène déclenche une forte émission de LH qui induit invariablement l'ovulation, de 20 à 30 heures plus tard. Comment se fait-il que dans ce cas, les hormones sexuelles aient un effet positif sur l'hypophyse? La réponse se trouve au niveau du cerveau.

On l'a vu, ce dernier commande à l'hypophyse en dirigeant vers elle les facteurs de libération, en bref, les LRF. Une partie spécifique du cerveau, l'hypothalamus, émet ces facteurs. Situé juste à la base de la masse cérébrale, l'hypothalamus se divise en plusieurs noyaux, ce qui explique son action ambivalente. En

Des interrelations complexes

Les interrelations des organes impliqués dans le processus de reproduction sont nombreuses et complexes. Le système nerveux central, sous l'impulsion de stimuli internes ou externes, commande à l'hypophyse de sécréter un facteur libérateur chargé de stimuler l'hypophyse antérieure. L'hypophyse antérieure sécrète alors les hormones gonadotropines lutrinisante (LH) et folliculostimulante (FSH), stimulant ainsi des structures spécifiques dans les gonades pour produire oestrogène, progestérone ou testostérone. Ces hormones agissent ensuite sur les organes de reproduction et retournent à l'hypothalamus pour accélérer et/ou ralentir son activité.





Mécanique et gelée

En raison des risques de complications et des effets secondaires de la pilule et du stérilet, on recourt de plus en plus aux méthodes mécaniques de contraception. Ci-dessus: un diaphragme composé d'une membrane de caoutchouc en forme de coupole montée sur un anneau semi-rigide. Il constitue une barrière mécanique qui empêche le sperme de pénétrer dans le col et doit être utilisé de concert avec une gelée spermicide.

effet, on a d'abord constaté que les facteurs de libération étaient émis par le noyau situé à la base de l'hypothalamus. Mais, tout récemment, on a découvert que le noyau supra-optique, situé dans la partie avant de l'hypothalamus, déclenche lui aussi des sécrétions de facteurs de libération. Or, contrairement au noyau de la base, le noyau supra-optique répond *positivement* à des taux élevés d'oestrogène en commandant une brusque décharge de LRF. Cette décharge suscite une libération subitement accrue de gonadostimuline LH qui joue un rôle très important car elle déclenche l'événement ponctuel capital du cycle, l'ovulation.

On connaît donc aujourd'hui deux mécanismes de rétroaction de l'oestrogène sur l'axe hypothalamus-hypophyse. Il y a d'abord, la rétroaction négative exercée par le noyau situé à la base de l'hypothalamus. Ce noyau est responsable de petites émissions régulières de LRF qui entretiennent les émissions continues de FSH et de LH nécessaires au fonctionnement régulier des ovaires et qui les préparent à la décharge soudaine de LH qui déclenchera l'ovulation. C'est lui qui subit l'effet de la rétroaction négative: s'il y a moins d'oestrogène et de progestérone, il émet LRF qui libère FSH et LH, ce qui stimule la production des ovaires — l'augmentation des hormones sexuelles entraînant une baisse des niveaux de FSH et de LH, et ainsi de suite.

Superposée à cette boucle se trouve la rétroaction positive de l'oestrogène sur le noyau hypothalamique supra-optique. Dans ce noyau, le taux croissant d'oestrogène met en marche une sorte d'horloge biologique qui commande la décharge de LRF au milieu du cycle, cause de l'aug-

mentation soudaine de LH initiatrice de l'ovulation.

Se libérer de la servitude quotidienne

Encore une fois, la connaissance du mécanisme délicat et complexe de la reproduction suggère une nouvelle façon extrêmement élégante de l'interrompre, cette fois-ci en empêchant la seule émission ponctuelle de LRF détonatrice de l'ovulation. Comme celle-ci ne se produit qu'une fois par mois, une substance permettant de bloquer la décharge du noyau supra-optique donnerait une pilule mensuelle, débarrassant la femme de la servitude quotidienne des pilules actuelles. (Le docteur Fernand Labrie, du Centre hospitalier de l'université Laval, étudie de semblables substances.)

Si les stratégies visant à bloquer l'ovulation échouent, il reste encore plusieurs possibilités d'intervention, par exemple, dans la trompe de Fallope où s'effectue la rencontre du spermatozoïde et de l'ovule. L'oeuf résultant y demeure normalement de 48 à 72 heures. Son entrée dans l'utérus doit être parfaitement synchronisée car sa nidation y sera compromise. Que l'oeuf soit exposé trop rapidement à l'utérus ou qu'il reste emprisonné trop longtemps dans la trompe, il ne pourra survivre dans la cavité utérine. On sait aujourd'hui que des doses élevées d'oestrogène peuvent bouleverser ce synchronisme. Certains se penchent sur leur mode d'action et ceci pourrait conduire à de nouvelles méthodes contraceptives.

Puis, avant de pénétrer dans l'utérus, l'oeuf doit traverser la jonction entre la trompe et l'utérus, dite partie interstitielle, passage que les spermatozoïdes doivent avoir préalablement franchi avant de féconder l'oeuf. Or, chez certaines espèces animales, on a observé que cette partie interstitielle avait le pouvoir de choisir les spermatozoïdes en rejetant ceux d'autres espèces ainsi que les spermatozoïdes endommagés. Si l'on pouvait maîtriser des réactions semblables chez la femme, on disposerait d'un nouveau moyen de contraception directement inspiré de la biologie humaine.

On est actuellement loin de ce degré de sophistication. La principale méthode contraceptive au niveau des trompes consiste encore à les ligaturer, soit une intervention assez radicale que subissent chaque année quelque 20 millions de femmes, aux États-Unis. Les recherches en cours visent avant tout à simplifier la technique opératoire. On est aussi en quête de méthodes aptes à nouer les trompes d'une façon réversible. Pour ce qui est de la partie interstitielle elle-même, on expérimente à l'heure actuelle une méthode de cautérisation électrique qui permettrait de l'obturer en passant par les voies génitales, sans intervention chirurgicale. Le médecin, ou un simple auxiliaire sanitaire, visualiserait toute la procédure grâce à un endoscope fait de

fibres optiques. Une autre possibilité implique l'utilisation d'un puissant colant adhésif, appliqué directement sur l'ouverture des trompes.

Du temps des nomades du Sahara

Mais l'oeuf avance toujours et voici qu'il se présente au bon moment dans l'utérus, tapissé de dentelle endométriale. En la touchant, la couche cellulaire externe de l'oeuf s'enfonce dans l'endomètre et établit la jonction avec les vaisseaux sanguins maternels. C'est ce processus de nidation qui serait rendu impossible par les dispositifs intra-utérins.

Environ 15 millions de femmes utilisent des stérilets à travers le monde. Le principe lui-même remonte en fait au temps des nomades du Sahara, qui prenaient la précaution d'introduire un caillou propre dans l'utérus de leurs chamelles avant les longues traversées du désert. Les stérilets modernes ne datent pourtant que des années 1960. Il en existe de nombreux modèles. Les plus connus sont le serpent de Lippes et le Safe-T-Coil, mais le Copper T et maintenant le Copper 7 (chacun porte un nom qui fait allusion à sa forme) connaissent un usage croissant. L'un des développements les plus récents est la mise au point d'un DIU rempli de progestatifs qui associe l'action de la pilule à celle du stérilet. Il doit par contre être changé tous les ans.

Personne ne connaît le mécanisme d'action exact des DIU. Par exemple, les dispositifs les plus avancés comme les Copper T et 7 sont faits de cuivre. Mais d'après certains chercheurs, comme le docteur Ibrahim Kahal, de l'Université du Caire, la matière n'intervient pour rien dans ce mécanisme, et l'appareil pourrait aussi bien être fait de nylon. Tout de même, l'efficacité des stérilets est élevée, d'autant plus que leur action ne dépend pas des erreurs éventuelles de celle qui le porte. Il n'y a donc qu'un faible écart entre leur efficacité théorique, 97 pour cent, et leur efficacité réelle, 95 pour cent. De plus, ils peuvent être gardés longtemps en place, deux ans pour le Copper 7 et de deux à quatre ans pour le TCu 200. Certains modèles à l'essai n'auraient à être remplacés qu'après 25 années de service.

Les chercheurs tentent à présent d'inventer un DIU qui aurait très peu de chances d'être rejeté, même s'il était mis en place immédiatement après l'accouchement. Ceci est très important pour les pays en voie de développement où la mère ne rencontre souvent le personnel médical que dans cette circonstance.

Une greffe bien acceptée

Par ailleurs, les recherches fondamentales présentement en cours sur les mécanismes immunologiques (qui font qu'un receveur rejette les organes transplantés) indiquent la voie vers des méthodes entièrement nouvelles. Car ce qui est le plus surprenant, ce n'est pas tant le

rejet spontané ou provoqué du fœtus par la mère, mais bien sa persistance dans le corps hôte. En effet, chaque fœtus constitue une véritable greffe étrangère, dotée de sa propre personnalité génétique différente de celle de sa mère. C'est uniquement parce qu'il possède des moyens très perfectionnés pour déjouer les réactions immunologiques de la mère que le fœtus évite l'expulsion. La recherche sur les mécanismes de nidation du fœtus accapare de nombreux efforts, non seulement à cause des perspectives qu'elle ouvre pour la contraception, mais aussi parce qu'elle pourrait aussi indiquer des moyens de provoquer l'autorejet des tumeurs cancéreuses.

Enfin, dans l'éventualité où l'implantation réussit et se maintient, nous avons vu que l'œuf commence aussitôt à fabriquer hCG qui prolonge la vie du corps jaune. L'hormone assure les hauts niveaux de progestérone essentiels au développement du fœtus. Quelque temps après, le placenta assure lui-même la production de progestérone et prend la relève du corps jaune. Une autre découverte toute récente souligne à quel point le fœtus s'affirme, même dans le ventre de sa mère. On a constaté que chez la brebis ce n'est pas elle, mais le fœtus qui décide du moment de la mise bas. L'hypophyse du fœtus envoie alors un signal aux ovaires du fœtus qui sécrètent des hormones stoppant la production de progestérone par le placenta. Ainsi s'amorcent les contractions de l'utérus en vue de l'expulsion du fœtus.

Bien que son rôle ne soit pas encore parfaitement établi, on sait que le taux de prostaglandine augmente considérablement avant et pendant l'accouchement. Injectées dans le liquide amniotique (liquide dans lequel baigne le fœtus), les prostaglandines constituent jusqu'à présent le moyen le plus sûr pour provoquer un avortement de la neuvième à la vingt-huitième semaine. On continue de tester des prostaglandines naturelles et synthétiques afin d'envisager leur utilisation à partir de la première semaine de la grossesse, mais la méthode du curetage par aspiration est encore la plus sûre pendant les douze premières semaines.

Bien entendu, l'interruption d'une grossesse avancée devrait être évitée grâce à des méthodes qui agissent plus tôt. Pourtant, plus de la moitié de la population mondiale vit maintenant dans des pays où l'avortement peut être pratiqué à cause d'une foule de raisons médicales et socio-médicales. Le besoin d'une méthode sûre d'interruption de la grossesse existe donc, qu'il soit ou non le signe du manque de perfectionnement des méthodes préventives.

La phallocratie de la recherche

Selon toute attente, l'étude sur la reproduction indique que la recherche a été jusqu'ici davantage concentrée sur la femme que sur l'homme. Ainsi que l'admet le docteur Don Fawcett, du

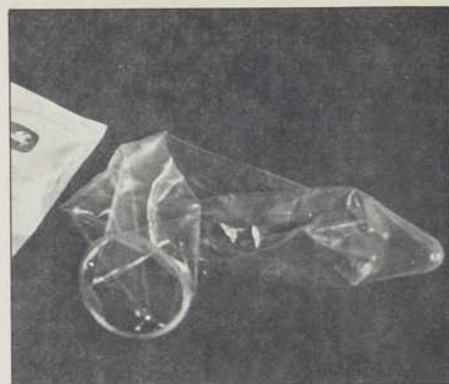
Harvard Medical School, cet état de choses tient en grande partie à une attitude phallocrate de la communauté scientifique, en majorité masculine. Malgré tout, souligne le docteur Fawcett, il faut reconnaître qu'il est plus facile de mettre au point un contraceptif pour femme qu'un contraceptif pour homme. Chez la femme en effet, on s'attaque à l'ovulation, c'est-à-dire à un événement précis qui se reproduit régulièrement une fois par mois, tandis que chez l'homme, il faut s'attaquer à un processus continu au cours duquel plus de 20 000 cellules reproductrices (spermatozoïdes) sont produites par minute pendant une vie reproductrice pouvant durer deux fois plus longtemps que celle de la femme.

Chez l'homme, les testicules, tout comme les ovaires chez la femme, ont la tâche de concevoir les cellules reproductrices, les spermatozoïdes. Pour l'essentiel, les glandes génitales masculines sont formées d'un enroulement de tubes minces et très longs qui rejoignent un tube plus gros, l'épididyme, par l'intermédiaire de petits tubes courts, les ductuli efferentes. Puis, l'épididyme se tapisse de muscles à mesure qu'il s'approche de l'urètre et prend le nom de canal déférent. Les spermatozoïdes naissent dans les tubes séminifères, mûrissent dans l'épididyme et sont transportés à pied d'œuvre par le canal déférent au cours de l'éjaculation.

Une étude minutieuse des tubes séminifères démontre qu'ils sont tapissés de deux types de cellules. Une première famille de cellules, les cellules de Sertoli, forment l'échafaudage qui supporte les tubes. À leur base, tout près de la paroi interne de chaque tube, se trouvent les cellules germinales mâles, ou spermatogonies, dont la division continue donne les spermatozoïdes. Les jeunes spermatozoïdes poursuivent leur développement en grimpant le long de l'échafaudage des cellules de Sertoli, au sommet duquel ils émergent, 64 jours plus tard. Pendant toute la durée de cette migration, des liens réunissent les spermatozoïdes originaires des mêmes spermatogonies. Des colonies comptant jusqu'à 80 spermatozoïdes se déplacent ainsi le long des cellules de Sertoli. Ces liens disparaissent juste avant que les spermatozoïdes n'émergent de l'échafaudage de Sertoli, au centre du tube séminifère.

S'attaquer à la base de l'échafaudage

Au cours des vingt dernières années, deux familles de substances ont été utilisées pour stopper la division des spermatogonies chez les animaux, sans conséquence indésirable et de façon réversible: les dinitropyrols et les bisdichloroacétyles diamines. Ce dernier type de compés a même été testé chez l'homme où il a démontré sa efficacité et sa réversibilité. Malheureusement, il a fallu y renoncer parce qu'il attaquait un



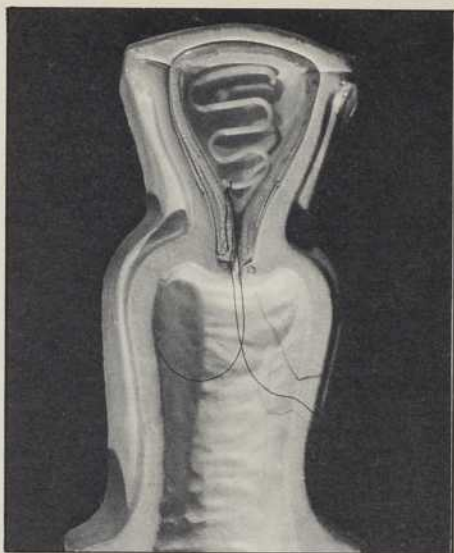
Le plus répandu

Venu tout droit du sixième siècle, le condom était fabriqué d'une partie d'un intestin animal. Aujourd'hui, il est en latex ou en caoutchouc synthétique. Ce contraceptif est peut-être celui dont on fait le plus grand usage dans toutes les parties du monde. Il assure également une protection efficace contre les maladies transmises sexuellement (MTS).



Pour tromper le cerveau

C'est en 1953 que Pincus et Chang imaginèrent la pilule anti-conceptionnelle. Elle contient des hormones en quantité suffisante pour faire croire au cerveau qu'une grossesse est en cours. Efficace à 99,6 pour cent, elle n'en comporte pas moins, entre autres inconvénients, la nécessité d'être absorbée quotidiennement. Toutefois, on envisage d'en arriver à fabriquer une pilule mensuelle qui empêcherait l'ovulation de se produire. Le cycle de l'homme est aussi passé au crible afin de trouver une pilule qui le bloquerait à une de ses étapes.



Un serpent contraceptif

Cet utérus artificiel illustre la position d'un stérilet (serpentin) dans la cavité utérine.

enzyme permettant de métaboliser l'alcool.

On a aussi utilisé des produits aptes à bloquer la division cellulaire en général. Plusieurs de ces agents alkylants servent dans la chimiothérapie anticancéreuse où ils empêchent la prolifération des cellules malignes. Par contre, leur effet imite celui des radiations ionisantes. De plus, leur impact est cumulatif, hautement toxique et même mutagène (ils modifient les gènes). En créant des spermatozoïdes génétiquement défectueux, on craint qu'ils ne créent des enfants anormaux. En un mot, les alkylants ont toutes les qualités qu'un moyen contraceptif antispermatozoïdes ne devrait pas avoir. On en est alors venu à penser qu'il était mieux de renoncer complètement à un contraceptif agissant au niveau des cellules germinatives.

De nouvelles recherches, par contre, ont démontré que l'on avait légèrement dramatisé le problème. On a découvert qu'une membrane extrêmement efficace sépare les spermatogonies des jeunes spermatozoïdes en voie de formation. Cette barrière, située à la base de l'échafaudage des cellules de Sertoli, permet à ces cellules de créer un environnement spécial pour les cellules germinatives, milieu dans lequel elles sont protégées contre les toxines véhiculées par le sang. La plupart des drogues que l'on soupçonnait de mettre en péril le processus fondamental de la fertilité masculine ne se rendaient aucunement jusqu'aux spermatogonies. On croit maintenant qu'elles agissaient en affectant les cellules de Sertoli que l'on considérait inertes et aucunement impliquées dans le processus de maturation des spermatozoïdes. Étant donné que ces cellules ne se divisent pas, le risque mutagénétique ne se pose donc plus.

Depuis que l'on a confirmé le rôle des cellules de Sertoli dans la continuation de la spermatogénèse, on a renoncé

à s'attaquer aux délicates cellules germinatives, préférant s'occuper des premières. Il y a tout juste quelques mois, une nouvelle classe de composés, aptes à entraver la maturation des spermatozoïdes au niveau des cellules de Sertoli, les acides carboxyliques indazoles, a été utilisée pour bloquer la fertilité des singes. Une fois celle-ci stoppée, une dose hebdomadaire suffit à maintenir la stérilité. Ceci suggère la possibilité d'une pilule pour homme qu'il suffirait de prendre une fois par semaine.

Les premières pilules pour homme

Dans les testicules, une masse de cellules dites de Leydig, sépare les tubes séminifères les uns des autres. Ces cellules fabriquent l'hormone sexuelle mâle, la testostérone. Sans elle, ni barbe, ni libido! Tout comme pour les ovaires, la production des cellules de Leydig dépend d'un messenger hormonal qui n'est rien d'autre que la gonadostimuline LH déjà rencontrée chez la femme. De même, la production de LH est liée par rétroaction négative au taux de testostérone dans le sang. Enfin, l'hypophyse mâle, tout comme l'hypophyse femelle, sécrète la gonadostimuline FSH. Le rôle de cette dernière n'est pas encore parfaitement élucidé chez l'homme, mais on a constaté que les molécules de FSH s'attachaient aux cellules de Sertoli pour y déclencher la production d'une protéine appelée ABP. L'ABP a la particularité essentielle de s'unir aux molécules de testostérone pour favoriser leur rétention dans les tubes séminifères. Or, ce niveau élevé de testostérone est essentiel à la maturation des spermatozoïdes. Les deux gonadostimulines complètent donc leur action pour assurer la fertilité mâle. Le patron étant identique à celui de la femme, pourquoi alors ne pas créer une pilule de testostérone pour homme analogue aux pilules d'oestroprogestatifs pour femme?

Ce qui fut fait. Des essais démontrèrent que la rétroaction négative des hormones sexuelles valait aussi pour l'homme et qu'il était possible de le rendre stérile avec des doses de testostérone qui supprimaient les émissions de LH, nécessaires à la spermatogénèse. Par contre, les hauts taux requis modifiaient le métabolisme des protéines et le processus de fabrication des cellules rouges du sang. Il a donc fallu renoncer à cette approche, mais pas complètement.

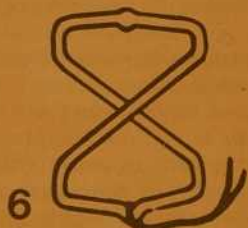
Le Danazol, un dérivé synthétique de la testostérone, a démontré de son côté qu'il pouvait agir directement sur les cellules de Leydig en diminuant suffisamment leur production de testostérone pour stopper la spermatogénèse, sans affecter la libido. Utilisé avec la testostérone, son action se trouve considérablement augmentée et il provoque la stérilité chez les sujets, toujours sans inquiéter leur libido. Quelques chercheurs croient tenir là le principe d'une pilule pour homme sûre et efficace. Une autre approche prometteuse consiste en une



1



3



6



10



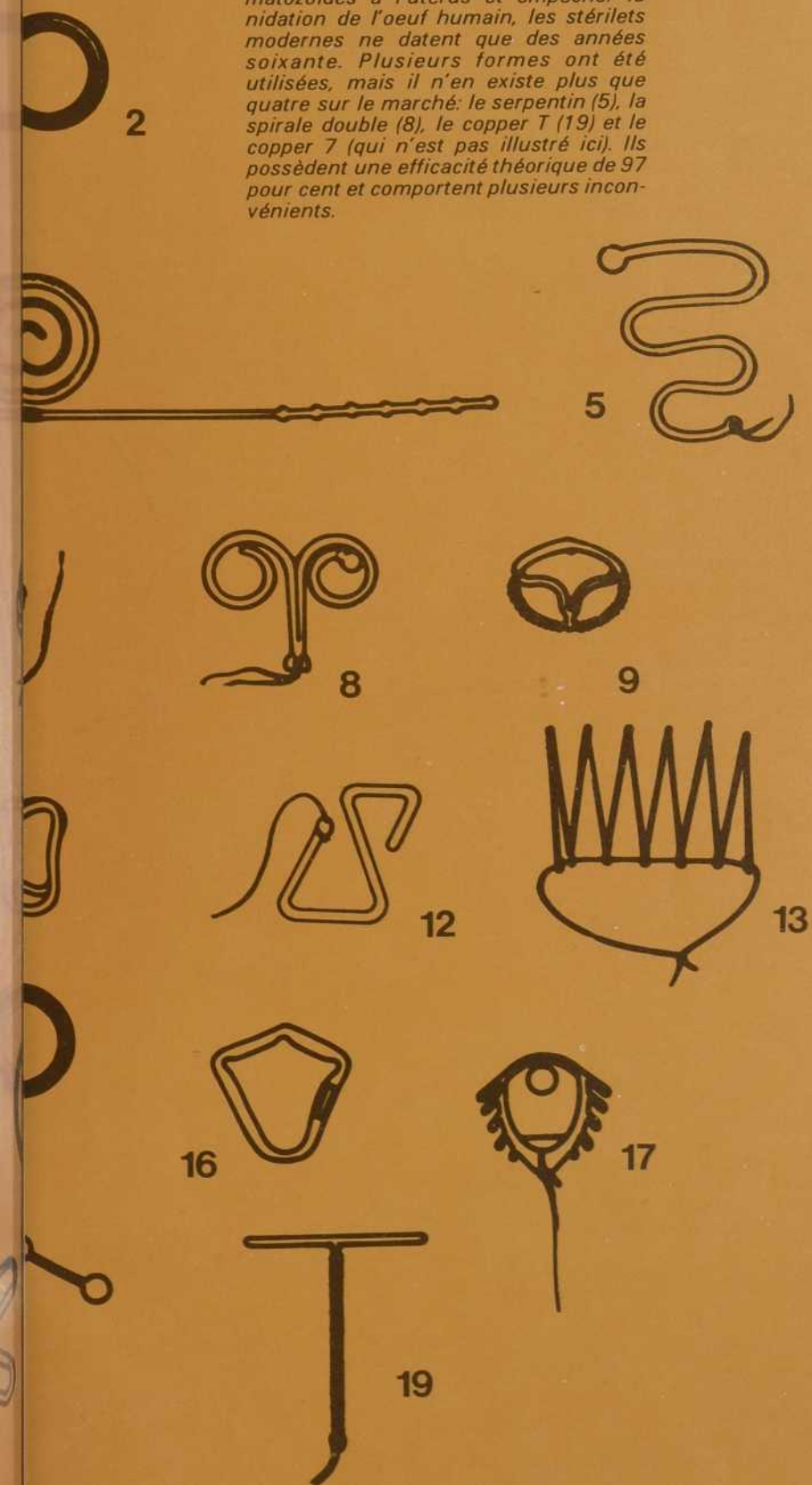
14



18

LES STÉRILETS

Conçus pour interdire l'accès des spermatozoïdes à l'utérus et empêcher la nidation de l'oeuf humain, les stérilets modernes ne datent que des années soixante. Plusieurs formes ont été utilisées, mais il n'en existe plus que quatre sur le marché: le serpent (5), la spirale double (8), le copper T (19) et le copper 7 (qui n'est pas illustré ici). Ils possèdent une efficacité théorique de 97 pour cent et comportent plusieurs inconvénients.



pilule d'hormones sexuelles féminines: oestrogène et progestatifs. Ingérées par l'homme, ces hormones entraînent la stérilité, mais elles suscitent un développement des seins et diminuent la libido. La solution consiste à procéder comme avec le Danazol et à donner aussi l'hormone mâle testostérone. Des pilules d'hormones mâles et femelles ont été utilisées pour induire une stérilité réversible sans effets secondaires indésirables chez des hommes. Un «implant» en silastique a aussi fait ses preuves. En Angleterre, une pilule pour homme, contenant uniquement des hormones déjà acceptées en pharmacologie, a suffisamment diminué le nombre de spermatozoïdes pour provoquer la stérilité au bout de trois mois. La fertilité a été rétablie dès l'arrêt du traitement. Il reste à poursuivre les tests pour déterminer les meilleures combinaisons d'hormones mâles et femelles, mais cette approche continue d'entretenir l'optimisme des chercheurs.

40 ans pour vérifier une hypothèse

Une autre stratégie contraceptive, encore toute théorique, consisterait à interrompre la libération de gonadostimuline FSH. La FSH ne participe pas à la synthèse de la testostérone, mais elle joue néanmoins un rôle essentiel en stimulant la synthèse d'ABP, protéine nécessaire au maintien d'une concentration élevée de testostérone dans les conduits spermatogènes. Le grand attrait de cette approche consiste en ce que la production de l'hormone mâle ne serait aucunement affectée: on limiterait tout simplement sa concentration locale dans les tubes séminifères et l'épididyme. De cette façon, les caractères sexuels secondaires seraient saufs.

Cette nouvelle stratégie pourrait s'appuyer concrètement sur la découverte d'une boucle de rétroaction liant la libération de FSH à la concentration d'une hormone spécifique, tout comme la libération de LH est commandée par la testostérone. Pendant 40 ans, l'existence d'une telle hormone n'a été que pure hypothèse, même si on lui avait déjà trouvé un nom, l'«inhibine». Ce n'est que tout récemment que trois laboratoires différents ont isolé une protéine aux propriétés de l'inhibine. Beaucoup voient dans cette hormone le contraceptif masculin idéal puisqu'il bloquerait une étape essentielle à la spermatogénèse — la synthèse d'ABP — sans affecter la libido. De plus, c'est un produit naturel déjà présent dans l'organisme. Par contre, toute approche liée à la FSH demeure purement théorique car on n'a pas encore confirmé avec certitude le rôle essentiel de cette hormone dans la spermatogénèse.

La concentration élevée de testostérone dans les tubes séminifères est essentielle à la maturation des spermatozoïdes. Elle l'est aussi plus loin, lorsque les spermatozoïdes tout neufs émergent dans les ductuli éfferents et l'épididyme.

Même au seul niveau de l'épididyme, toute baisse notable du taux de testostérone suffirait à prévenir le développement complet des spermatozoïdes. Une méthode contraceptive masculine qui s'attaquerait aux spermatozoïdes au-delà des tubes séminifères, dans l'épididyme, poserait moins de risques pour les spermatogonies. Jusqu'ici on a utilisé avec succès des substances qui bloquent l'action de la testostérone dans l'épididyme. On a même entrepris des tests sur des volontaires, mais on a remarqué qu'en plus d'enlever leur efficacité aux spermatozoïdes, ces composés en diminuaient le nombre; ce qui laisse croire qu'ils n'agissent pas uniquement dans l'épididyme, mais aussi à un niveau plus fondamental. L'épididyme continue d'intéresser vivement les chercheurs et plusieurs le considèrent comme le site d'intervention idéal pour l'action d'un contraceptif masculin.

Une fois expulsés par les contractions du canal déférent et du canal éjaculateur, les spermatozoïdes entreprennent dans les organes féminins l'étape la plus critique de leur périple. Pour atteindre l'ovule, qui attend dans la trompe, ils doivent traverser la glaire cervicale (mucus du col de l'utérus), l'utérus, la jonction interstitielle et finalement trouver l'ovule. Des dizaines et des centaines de millions de spermatozoïdes peuvent avoir été déposés dans le vagin, mais seulement quelques-uns atteindront les trompes et un seul fertilisera l'ovule. En fécondant l'ovule, la coiffe du spermatozoïde libère plusieurs enzymes. D'abord pour percer la membrane de l'ovule, puis pour la transformer profondément de façon à fermer la porte aux autres spermatozoïdes.

Enfin, on a dernièrement découvert que les spermatozoïdes avaient besoin de l'environnement féminin de la trompe pour devenir fertiles. Tant qu'ils se trouvent dans les conduits mâles, ils demeurent recouverts de substances qui leur enlèvent tout pouvoir fertilisant. Le mûrissement final subi dans la trompe s'appelle «capacitation». Il est réversible puisque des spermatozoïdes «capacités» redeviennent stériles si on les trempe à nouveau dans le liquide séminal masculin.

Rendre l'inévitable exceptionnel

Les progrès rapides qui ont été récemment accomplis dans la purification et d'identification des substances «capacitantes» permettant d'envisager la mise au point d'un contraceptif «décapacitant». De même, les recherches sur les enzymes utilisés par la coiffe du spermatozoïde afin de pénétrer l'oeuf indiquent la voie vers une autre approche de type immunologique. Sachant également que l'oeuf, tout juste fécondé, émet des particules qui bloquent l'entrée aux spermatozoïdes retardataires, on en a synthétisé qui ont les mêmes effets. Des enzymes analogues à la trypsine, par exemple, rendent

la surface extérieure de l'oeuf imperméable aux spermatozoïdes. De même, des lectines, extraites de végétaux, permettent aux ovules de repousser les spermatozoïdes. Mais il reste encore à trouver les façons de distribuer ces substances au bon moment, au bon endroit et en quantité suffisante.

On est surpris, après avoir lu le rapport sur la reproduction des Fondations Ford et Rockefeller et du CRDI de constater qu'il puisse se faire 335 millions de conceptions par année, tellement le processus de la reproduction humaine apparaît fragile et complexe. Les hommes et les femmes, tels qu'ils existent présentement, sont conçus pour se reproduire. L'immense puissance reproductrice de l'espèce humaine lui a permis de survivre aux guerres, aux famines, aux épidémies et à des siècles de vie difficile. Aujourd'hui, les hommes dominent complètement la planète et, en certains endroits, l'augmentation rapide de leur nombre pose de graves problèmes. Les contraintes en faveur d'une diminution des naissances se font de plus en plus fortes. En Inde, on est même allé jusqu'à stériliser des hommes et des femmes contre leur volonté.

À long terme, les efforts de la recherche contre la conception consisteraient à rendre exceptionnel un événement presque inévitable depuis que Adam et Eve ont goûté au fruit défendu. Les méthodes contraceptives donneront aux hommes les moyens de choisir quand ils voudront avoir des enfants. Pour ce faire, il faut des instruments extrêmement efficaces et absolument sûrs, car, ce choix touche non seulement notre vie la plus intime, mais concerne finalement tout le monde.

Pour en lire plus

Roy O. Greep, Marjorie A. Koblinsky, et Frederick S. Jaffe, *Reproduction and Human Welfare: A Challenge to Research*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1976

Robert Hatcher et al., *Contraceptive Technology 1976-1977*, 8e édition révisée, Irvington Publishers Inc., New York, 1976

Rapport du Comité sur l'application des dispositions législatives sur l'avortement, Approvisionnement et Services Canada, Ottawa, 1977

Diverses brochures de la Fédération du Québec pour le Planning des naissances, 3826, rue Saint-Hubert, Montréal, Québec H2L 4A5, tél.: (514) 842-9501

LES ÎLES DE SEL ET DE LA MADELEINE

par Joseph Risi

L'épilogue d'un roman géologique de 300 millions d'années

Depuis les premières manifestations des civilisations primitives, l'homme a toujours utilisé le sel pour assaisonner et conserver sa nourriture. Plus tard, avec le développement des industries chimiques et manufacturières, l'emploi du sel comme matière première s'est rapidement répandu, principalement dans le secteur de la salaison des viandes et du poisson. Mais, c'est surtout l'avènement de l'automobile et son utilisation hivernale dans les pays au climat rigoureux qui ont fait monter la consommation de sel de façon vertigineuse. Au Québec, le ministère des Transports, l'Office des autoroutes et les municipalités en dépendent annuellement 1,5 million de tonnes — ou 80 pour cent de la consommation totale — pour faire fondre la glace et la neige sur les routes interurbaines et les chemins de ville. Ce sel que le Québec doit jusqu'à maintenant importer, sera bientôt fourni par l'exploitation des gisements des Îles-de-la-Madeleine. La première mine mise en opération par SOQUEM au Rocher-aux-Dauphins à la Grosse-Île aura une possibilité de production annuelle de deux millions de tonnes métriques pendant une période de temps encore indéterminée, mais certainement très longue. Les sept gîtes inventoriés jusqu'à présent par la SOQUEM contiennent une réserve globale de 17 milliards de tonnes de sel dont environ deux milliards seraient économiquement exploitables.

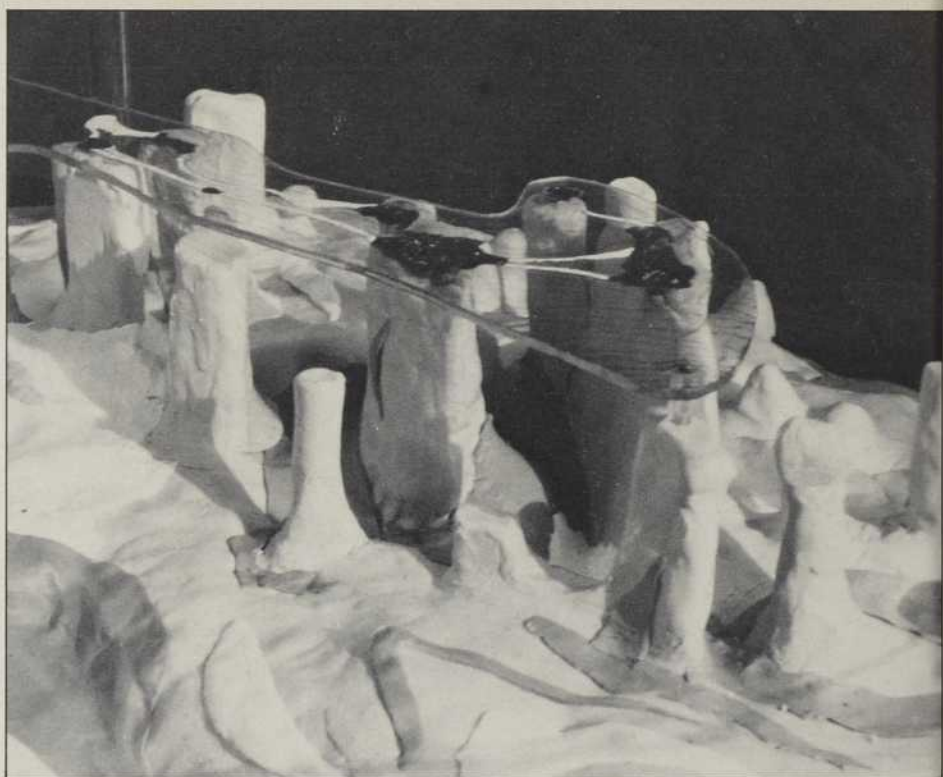
Il va sans dire qu'un tel développement améliorera les conditions de vie des 14 000 Madelinots — en majeure partie d'origine acadienne — dont la situation économique, trop souvent précaire dans le passé, était la cause directe de l'émigration massive des jeunes insulaires.

Les activités des habitants de l'archipel ont d'ailleurs évolué très lentement en passant par trois phases successives. Depuis environ trois siècles, les pêcheries maritimes constituaient la seule occupation industrielle qui, jusqu'à tout récemment, était exploitée au profit d'entreprises étrangères alors qu'elle est aujourd'hui dirigée par des coopératives de production et de transformation dans l'intérêt immédiat des pêcheurs. Au cours des dernières années, les îles sont devenues le site d'une industrie touristique de plus en plus florissante grâce, d'une part, à la rare beauté que le paysage offre aux visiteurs et, d'autre part, aux moyens de transport considérablement améliorés. L'archipel est desservi par deux compagnies d'aviation, et on peut également l'atteindre par bateau via le Nouveau-Brunswick et l'Île-du-Prince-Édouard, tandis qu'un bon réseau routier relie toutes les îles — à l'exception des îles Brion et d'Entrée — par la voie des dunes. Dans la troisième phase évolutive s'y ajoutera donc un important complexe minier qui exploitera les gisements de sel et, éventuellement, les ressources pétrolières. L'ensemble de ces développements signifiera une diversification des activités d'une population jusqu'ici économiquement faible qui, le poisson excepté, doit tout importer: les aliments — faute d'espace et de conditions favorables, l'agriculture ne peut nourrir tout le monde — les combustibles solides, liquides et gazeux, le bois et autres matériaux de construction, les textiles et les vêtements, les véhicules de toutes sortes, les embarcations et les agrès de pêche.

Un roman géologique

L'archipel est situé dans le golfe Saint-Laurent à 220 kilomètres au sud-est de Gaspé et à 110 kilomètres au nord-est de l'Île-du-Prince-Edouard. Il couvre une superficie de près de 400 kilomètres carrés; parmi les 15 îles principales, sept sont reliées par des dunes parallèles que les géologues appellent des «tombolos» et qui protègent les lagunes contre les vagues de la mer tout en facilitant la navigation intérieure en petites embarcations entre les îles. L'histoire géologique des gisements de sel remonte à quelque trois cents millions d'années alors qu'un bras de mer s'étendait de l'Île-du-Prince-Edouard jusqu'à Terre-Neuve. Alimenté par l'océan voisin — l'ancêtre de l'Atlantique — ce bras de mer subissait une évaporation intense à cause de la chaleur torride qui régnait à cette époque sur cette partie du globe. L'eau de mer devenait de plus en plus concentrée et, finalement, les sels en solution se précipitaient pour former au fond de l'eau une succession de plus en plus épaisse de couches d'évaporites, c'est-à-dire de roches sédimentaires provenant de l'évaporation, en quelque sorte du «séchage» de l'eau de mer enfermée dans cette fosse océanique. Ces couches d'évaporites, constituées à l'origine de chlorure de sodium (sel), de sulfate de calcium (gypse et anhydrite) et de chlorure de potassium (sylvite et carnallite), s'entremêlaient plus tard au sable et à l'argile apportés par les fleuves qui débouchaient dans la fosse océanique, ainsi qu'aux laves volcaniques qui s'y sont superposées à certains endroits. Cela s'est passé au début du Carbonifère. À cette époque, la terre, jouissant d'un climat chaud, se couvrait littéralement de fougères et d'autres plantes géantes qui, plus tard, s'enfouiront au fond des mers et subiront une «distillation» interne, sous l'action de hautes températures et pressions, pour former des dépôts carbonés (charbon et pétrole).

Il faut croire que la période de climat torride — donc d'intense évaporation — fut très longue puisque l'évaporation de toute la Méditerranée, avec une profondeur moyenne de 1 400 mètres, ne déposerait que 24 mètres de sel. En plus de la forte chaleur, il fallait aussi que les lagunes de la mer intérieure soient continuellement alimentées d'eau de mer fraîche pour expliquer une aussi forte accumulation de sel durant cette période. Avant que la mer se retire, des couches sédimentaires d'une épaisseur allant jusqu'à 9 000 mètres se sont ainsi accumulées dans cette grande fosse où le maximum d'épaisseur se situe justement dans la plate-forme «Madeleine»; or, le sel, étant plus léger que les autres roches, formait sur l'ensemble de ces 9 000 mètres d'épaisseur une masse comparable à un immense iceberg dont seul le sommet émergeait pour former ce qui est aujourd'hui l'archipel des Îles-de-la-Madeleine.



SOQUEM

Un paysage insolite

Ce paysage étrange représente l'aspect que prendrait la séquence des évaporites de la formation Windsor et ses massifs de sel si on enlevait les milliers de mètres de roches sédimentaires plus jeunes qui les couvrent. (L'échelle verticale est exagérée 3,5 fois.)

Vivre sur des îles de sel

Mais alors, comment le sel des couches d'évaporites a-t-il pu monter des profondeurs de la fosse vers la surface où on le trouve maintenant? En termes géologiques, cela s'est passé récemment, c'est-à-dire il y a seulement deux à cinq millions d'années. Les couches d'évaporites intégrées dans la formation «Windsor» ont été portées à une température élevée de l'ordre de 300 degrés Celsius à cause de leur enfouissement dans la croûte terrestre où la chaleur augmente avec la profondeur. Elles sont alors devenues plus légères et presque fluides; dès lors, elles ont fait pression sur les roches sédimentaires superposées qui se sont déformées, fendues, latéralement écartées, pour faire place à l'infiltration ascendante de la masse d'évaporites par les fissures produites. C'est ainsi que s'est constitué, dans la poussée vers le haut, un ensemble de crêtes, de renflements, de dômes, de colonnes et de diapirs d'évaporites. Les «diapirs» désignent des masses de roches (sel, gypse, argile) qui, sous l'effet de la température interne et à cause de leur plus faible poids spécifique, percent dans un état semi-plastique à travers les roches plus dures et plus lourdes en s'acheminant vers la surface. Ces mouvements ascendants de masses d'évaporites ont été la cause directe de l'émergence de l'archipel dont chacune des îles repose pour ainsi dire sur le sommet d'une colonne de sel que les géologues qualifient de «dômes».

Quoi qu'il en soit, les Madelinots ne doivent pas s'inquiéter du fait qu'ils travaillent et dorment sur des colonnes de sel. Ces dernières sont bien tenues en place par les roches adjacentes qui empêchent l'eau de mer de s'infiltrer, de dissoudre le sel et de faire effondrer l'archipel comme un château de cartes. Bien au contraire, les îles sont encore aujourd'hui en pleine période d'émergence à cause, d'une part, du retrait de la mer dû au relèvement post-glaciaire et, d'autre part, de la poussée continue des couches d'évaporites qui fait apparaître de nouvelles terres. Les habitants de l'archipel ne peuvent évidemment observer ces phénomènes de soulèvement et de construction des îles car ces derniers se poursuivent imperceptiblement à la faveur des âges géologiques.

Comme leurs cousins de la Louisiane

Si les ancêtres des Madelinots ont choisi de venir s'établir et de vivre sur des dômes de sel sans le savoir, il convient de noter qu'à l'autre bout du continent nord-américain, sur le golfe du Mexique, en Louisiane, d'autres Acadiens se sont installés après la déportation dans des conditions géologiques absolument identiques. Curieuse coïncidence! Nulle part dans le monde trouve-t-on une concentration aussi forte de dômes de sel qu'en Louisiane. C'est grâce aux recherches en géologie pétrolière qui s'y font intensément depuis un demi-siècle que les géologues québécois peuvent au-

jourd'hui interpréter par analogie la géologie du sous-sol de l'archipel des Iles-de-la-Madeleine, puis mettre en valeur les richesses naturelles qu'ils y ont déjà mis en évidence ou qu'ils trouveront dans l'avenir.

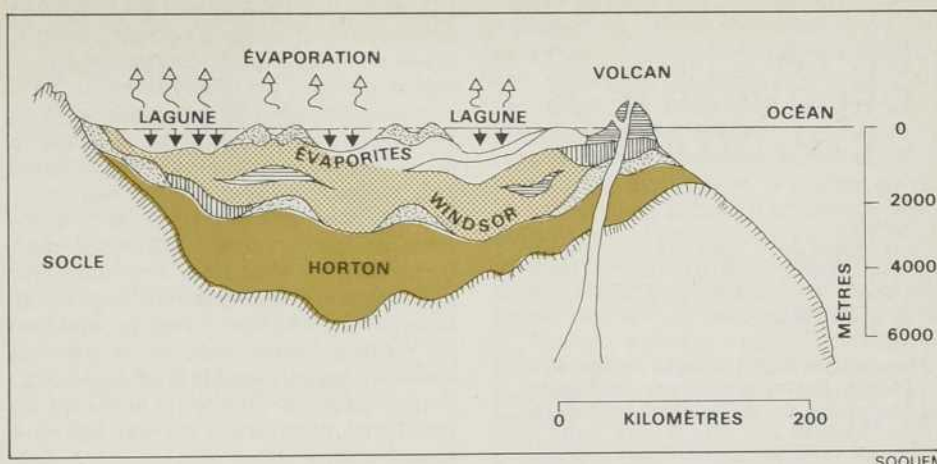
Basé sur les travaux exécutés en Louisiane et les recherches entreprises au début du siècle en vue de l'exploitation d'une mine de sel à Malagash en Nouvelle-Écosse, les géologues savaient que le bassin des Maritimes d'âge Mississippien (début du Carbonifère) contient des gisements de sel à divers endroits des provinces atlantiques et du golfe Saint-Laurent. Ce bassin a une longueur de 800 kilomètres et une profondeur maximale de 9 000 mètres; sa partie la moins profonde se situe sur la plate-forme «Madeleine». C'est pour cette raison que les premières explorations ont été concentrées dans cette région particulièrement prometteuse. Des relevés magnétiques, gravimétriques et sismiques effectués par des entreprises pétrolières et le Centre géoscientifique de l'Atlantique (Institut Bedford) ont d'abord permis de délimiter l'aire d'extension des couches d'évaporites dans le golfe, puis d'entreprendre des explorations plus poussées sur l'archipel des Iles-de-la-Madeleine et sur une bande marine limitrophe.

Du sel pour des siècles

Jusqu'à présent, la SOQUEM a prouvé l'existence de sept gîtes importants de sel situés sur quatre des principales îles de l'archipel. La réserve de sel, telle que présentement prouvée par plus de 50 sondages, s'y établit à 17,5 milliards de tonnes métriques avec une teneur minimale de 60 pour cent de chlorure de sodium (NaCl); ce tonnage dit «géologique» n'est cependant pas suffisamment riche en sel pour se prêter en entier à l'exploitation. D'autre part, le tonnage dit «minier», c'est-à-dire apte à être exploité, représente la quantité des formations salifères qui titrent à 90 pour cent de NaCl ou plus; ce tonnage se chiffre, pour l'ensemble des sept gîtes, à près de deux milliards de tonnes, donc théoriquement assez de sel pour couvrir les besoins du Québec pendant des siècles.

Les début de l'exploitation du gîte du Rocher-aux-Dauphins (le plus favorable quant à sa situation topographique, la faible profondeur du sommet du dôme et la qualité du sel) est prévu pour 1980. L'opération comprendra apparemment trois volets: d'abord la production minière proprement dite (sel et, éventuellement, potasse et gypse); puis la production d'énergie électrique pour les besoins de l'exploitation minière; enfin, le stockage de combustibles liquides ou gazeux dans les cavités souterraines laissées par le lessivage du sel.

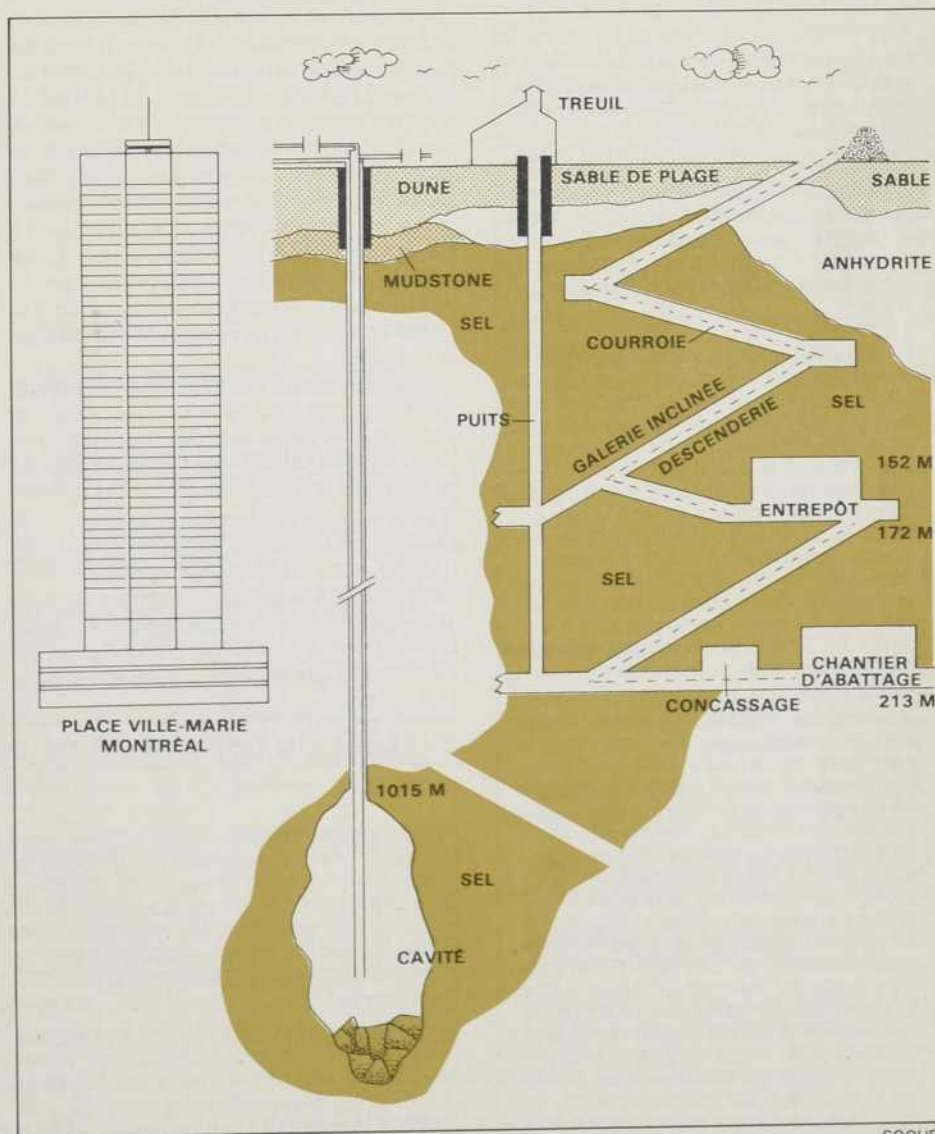
Pour la production minière, on envisage deux types d'opérations en fonction de la structure et des dimensions (diamètre et profondeur) des dômes de sel.



SOQUEM

Quand le climat était torride

Comme le démontre cette coupe transversale du bassin océanique de dépôt durant le Carbonifère, les évaporites se sont formées par l'intense évaporation de l'eau des lagunes sous l'action du climat torride, dans le bras de mer qui est aujourd'hui le centre du golfe Saint-Laurent. Ces évaporites étaient à l'origine constitués de chlorure de sodium, de sulfate de calcium et de chlorure de potassium.



SOQUEM

Deux méthodes bien différentes

Deux types d'opérations sont envisagés pour extraire le sel des Iles-de-la-Madeleine. Selon le premier type, on injecte de l'eau pour dissoudre le sel, et la saumure formée sera pompée. Selon le deuxième type, on creuse un puits vertical et des galeries inclinées pour procéder comme dans une mine traditionnelle.

DE LA DÉCOUVERTE À L'EXPLOITATION

1965

Un forage de la «Pan American Petroleum», à 65 kilomètres à l'est du Havre-Aubert, rencontre du sel à 200 mètres de profondeur.

1970

Le premier puits pétrolier implanté par Texaco et son successeur (la Société acadienne de recherches pétrolières ou SAREP) sur l'île Brion, dans le centre du golfe au nord de l'archipel, recoupe du sel à une profondeur de 2 743 mètres.

1970

Fort de cette information, un groupe d'hommes d'affaires de Montréal dirigé par le docteur Onil Hébert, fait faire deux forages de 150 mètres sur l'île de Cap-aux-Meules, mais sans rencontrer de sel.

1971

Ce groupe fait effectuer des levées gravimétriques terrestres par la «Nova Scotia Research Foundation», travaux qui révèlent la présence de couches salifères successives sur cinq sites dans la partie sud de l'archipel, à une profondeur moyenne de 500 mètres, ce qui laisse prévoir la possibilité d'extraction sur une base économique; cependant d'autres sondages sont jugés nécessaires avant d'arriver à ce stade.

1972

Une partie de la propriété minière constituée par les claims appartenant au dit groupe est offerte à la SOQUEM; le 14 juillet, une entente est signée entre Onil Hébert, les Pétroles Laduboro Ltée et la SOQUEM, la dernière s'engageant à continuer les travaux d'exploration et de mise en valeur. En août, la SOQUEM découvre, dans un premier forage, un important gisement de sel à l'île de Havre-Aubert, à une profondeur de seulement 150 mètres, puis elle continue les explorations sur cette île et ailleurs dans l'archipel pendant les années suivantes.

1977

Aujourd'hui, la SOQUEM détient des claims miniers couvrant environ 75 pour cent de la superficie totale des îles, en plus d'une partie importante des lagunes et des plates-formes marines limitrophes. Elle a pratiqué en tout, à différents endroits de l'archipel, plus de 50 forages totalisant une profondeur combinée de près de 9 000 mètres et exécuté un vaste programme de relevés géologiques, magnétiques et gravimétriques. La réserve d'évaporites jusqu'ici mise en évidence à des profondeurs de moins de 1 000 mètres est évaluée à 17,5 milliards de tonnes «géologiques» avec une teneur minimale et moyenne de 60 pour cent et 75 pour cent de NaCl respectivement. Le site le plus intéressant quant à la qualité du sel et les facilités d'extraction est celui de la Grosse-Ile (gîte du Rocher-aux-Dauphins) qui sera le premier à être exploité.

D'une part, il y a la sonde verticale permettant l'injection d'eau pour dissoudre le sel, le pompage de la saumure, la concentration de la dernière jusqu'à cristallisation (en usine de surface), puis l'utilisation de la cavité ainsi produite pour le stockage de sources énergétiques ou d'autres matériaux. Il y a, d'autre part, la mine de sel gemme classique comprenant un puits vertical surmonté d'un treuil pour transporter les hommes, descendre le matériel et ventiler la mine, le puits étant combiné avec un système de tunnels horizontaux et de galeries inclinées qui servent à la production et au concassage du minerai, ainsi qu'au transport ascendant du sel sur une courroie sans fin.

Avec le vent dans les voiles

La production de l'énergie électrique aux Iles-de-la-Madeleine est présentement assurée au moyen de groupes électrogènes Diesel. Le réseau actuel est cependant insuffisant pour alimenter le complexe minier projeté. Vu que l'Hydro-Québec y entretient déjà une intéressante expérience de production d'électricité en utilisant l'énergie éolienne, la SOQUEM songe à recourir à cette source d'énergie grâce à une étroite collaboration entre les deux sociétés paragouvernementales. Cette nouvelle technique semble économiquement prometteuse, eu égard à l'augmentation mondiale des prix du pétrole; elle s'impose même puisque le vent y souffle presque constamment à la vitesse moyenne de plus de 30 kilomètres à l'heure.

Les cavités produites dans les dômes profonds par lessivage du sel selon la méthode ci-haut mentionnée, peuvent ensuite servir à l'entreposage de matières premières utilisées dans la production d'énergie; on peut même concevoir un système de pipelines terrestres et sous-marins pour transporter les matières emmagasinées jusqu'à l'endroit de consommation ou d'embarquement. Ainsi prévoit-on de stocker sous terre du pétrole (de production locale éventuelle

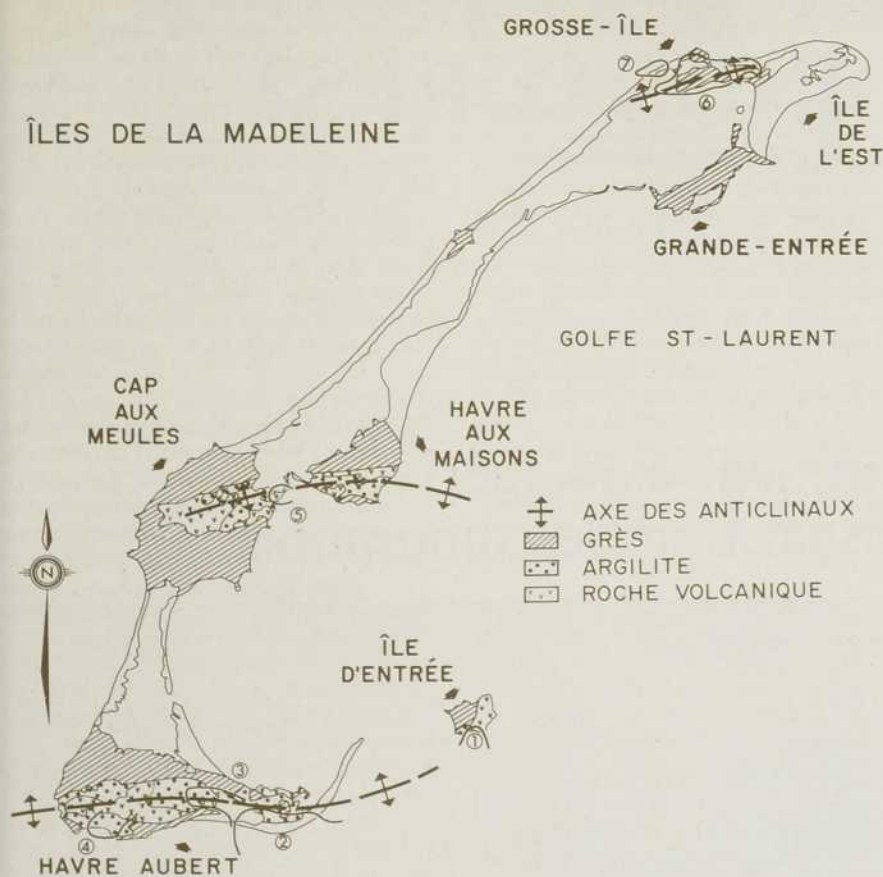
ou importé), du gaz naturel, voire de l'air comprimé produit par les éoliennes en vue de sa transformation ultérieure en électricité. Ce moyen d'entreposage de sources énergétiques variées est doublement intéressant: il permet de constituer des réserves de matières premières de grande importance stratégique et industrielle en toute sécurité; de plus, le stockage souterrain peut se faire à des coûts d'aménagement de beaucoup inférieurs aux méthodes traditionnelles utilisant des réservoirs d'acier qui, par surcroît, n'embellissent pas l'environnement. Ajoutons que cette technique d'entreposage de matières premières énergétiques ou industrielles est couramment employée en Europe et dans quelques États américains situés sur le golfe du Mexique.

Des retombées économiques

La découverte de mines de sel facilement exploitables aux Iles-de-la-Madeleine revêt une signification particulière pour l'économie québécoise quand on songe que le sel, le soufre, le calcaire, le charbon et le pétrole constituent, dans l'ordre cité, les cinq matières premières les plus importantes dans la civilisation industrielle. Le sel est utilisé à des fins beaucoup plus nombreuses et variées que toute autre substance minérale, l'eau exceptée. Comme on ne lui connaît pas de substitut bon marché, il est le meilleur indicateur d'une économie stabilisée dans tout pays industriel. Cela est particulièrement vrai pour le Québec puisque ce «pays, c'est l'hiver», avec la neige et la glace sur les routes qui réclament chaque année des millions de dollars pour l'achat de sel comme fondant; on peut même affirmer que l'intensité du trafic automobile hivernal et l'immensité du réseau routier font du Québec le plus grand consommateur de sel per capita au monde. Avec ses énormes réserves de sel, le Québec pourra dorénavant non seulement couvrir en entier ses propres besoins de près de deux millions de tonnes métriques par

ÉVALUATION DES 7 GÎTES DE SEL DES ILES-DE-LA-MADELEINE

Gîte	Tonnage minier exploitable (millions tonnes métriques)	Profondeur du sommet du gîte à la surface (mètres)	Site portuaire le plus proche (kilomètres)	Pourcentage des formations salifères carottées titrant à 94,5% NaCl ou plus
Ile d'Entrée	312	251	0,8	17,3%
Havre-Aubert	301	102	11,0	41,3%
Bois-Brûlé	143	60	6,5	20,7%
Anse-à-la-Cabane	14	98	0,0	0,7%
Cap-aux-Meules	27	310	2,5	3,7%
Rocher-aux-Dauphins	460	29	2,5	34,2%
Grosse-Ile	727	265	0,0	5,7%



PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES GÎTES DE SEL

- 1- Ile d'Entrée: On y a rencontré la première couche de sel à 250 mètres de profondeur, les 300 mètres suivants titrent à plus de 90 pour cent de chlorure de sodium (NaCl).
- 2- Havre-Aubert: Dans un des neuf forages on a entamé la couche salifère à 100 mètres; elle titre à plus de 95 pour cent de NaCl jusqu'au fond de ce forage à 650 mètres.
- 3- Bois-Brûlé: Cinq sondages ont été faits; on recoupe la couche de sel à partir de 60 mètres sur une épaisseur de 450 mètres, avec une teneur moyenne de 98 pour cent de NaCl.
- 4- Anse-à-la-Cabane: À 98 mètres de la surface, le sondage a recoupé une couche de 70 mètres de sel titrant à 99 pour cent de matières solubles et près de 97 pour cent de NaCl.
- 5- Cap-aux-Meules: La couche salifère se présente à 310 mètres de profondeur, mais le dépôt de sel est fortement contaminé de roches volcaniques, de gypse, d'argile et de potasse.
- 6- Grosse-Ile: Ce dépôt, tout comme le suivant, montre les meilleures possibilités d'exploitation car le sel y est assez pur et se rencontre à faible profondeur. On y a fait 15 sondages d'une profondeur moyenne de 750 mètres (maximum 1 000 mètres) et la couche de sel y est recoupée à des profondeurs variant entre 265 et 450 mètres. On a évalué la réserve totale à plus de dix milliards de tonnes «géologiques» (avec une teneur de 60 pour cent de NaCl ou plus). Sur plus de 10 pour cent des intersections, on trouve aussi de la potasse avec une teneur allant jusqu'à 18 pour cent d'oxyde de potassium.
- 7- Rocher-aux-Dauphins: Ce gîte, avec le précédent, compte parmi les plus grands avec les sommets les moins profonds en Amérique; on évalue la réserve de sel à plus de quatre milliards de tonnes «géologiques» entre les niveaux de 29 à 950 mètres de profondeur. Pour cinq sondages, 23 pour cent de toutes les intersections montrent une teneur de plus de 97 pour cent de NaCl. On y trouve aussi quelques filons de potasse. Ce gîte sera le premier à être exploité à cause des caractéristiques minières particulièrement favorables; l'investissement sera de l'ordre de \$50 millions dont \$20 millions pour la construction d'un quai à eau profonde à Leslie (à environ 2 kilomètres du site de la mine). On prévoit le début de l'exploitation pour 1980.

année, mais même en exporter vers les provinces voisines et les États du Nord-Est américain. À l'aide d'installations portuaires adéquates et de conditions économiques de transport par voie d'eau vers le haut du fleuve et tous les points potentiels d'exportation, le Québec pourra retirer de cette activité industrielle, selon les prévisions, un revenu brut annuel de l'ordre de 20 millions de dollars et la possibilité d'amortir le capital investi dès la fin de la première décennie.

Mais il y a plus que cela. La combinaison de ce fantastique dépôt d'évaporites aux Îles-de-la-Madeleine avec les ressources minérales et énergétiques non moins considérables de la Gaspésie et de la Côte-Nord permettra de créer plusieurs industries dans le Bas du fleuve; il n'y a pas que le sel destiné à l'utilisation industrielle et domestique, mais aussi les autres ingrédients des évaporites qui contribueront à préparer la voie à des développements diversifiés: la potasse pour la préparation d'engrais chimiques, le gypse pour celle de panneaux structuraux et isolants, la fabrication de nombreux dérivés du sodium et du potassium pour les industries manufacturières, etc... Le trafic maritime connaîtra un regain à la suite d'une telle évolution économique. Finalement, les Madelinots pourront quitter le seuil du sous-développement économique en ajoutant au bilan de leur présente activité monolithique —les pêcheries saisonnières toujours capricieuses— toutes les richesses de leur sous-sol.

Pour en lire plus

D. Brisebois, *Géologie de l'archipel des Îles-de-la-Madeleine*, ministère des Richesses naturelles, Québec, 1972, rapport GM-28122

C. Carbonneau, *Les gîtes de sel des Îles-de-la-Madeleine*, SOQUEM, Québec, 1976

C. Carbonneau, *L'émergence des Îles-de-la-Madeleine*, SOQUEM, Québec, 1976

R. Hinse, *Projet d'une mine de sel aux Îles-de-la-Madeleine*, SOQUEM, Québec, 1976

C. Laverdière et P. Guimont, *Un froid à sol fendre*, dans *Geos*, publication du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, automne 1974, Ottawa

R. Sanschagrin, *Les Îles-de-la-Madeleine*, rapport géologique no 106, ministère des Richesses naturelles, Québec, 1964

M. Tiphane, *Le gypse des Îles-de-la-Madeleine*, étude spéciale no 7, ministère des Richesses naturelles, Québec, 1970

QUI A TUÉ LES DINOSAURES?

par Pierre Béland et Jean-René Roy

Comment expliquer
la subite disparition des dinosaures

MUSÉE NATIONAL DES SCIENCES NATURELLES



La Terre était en grande partie chaude et humide. Un climat chaud et tempéré s'étendait jusqu'aux pôles où les calottes glaciaires étaient inexistantes. Une végétation de type tropical débordait largement ses limites actuelles. L'Amérique du Nord était séparée en deux par un immense bras de mer joignant le golfe du Mexique à l'océan Arctique. À l'est, les terres émergentes depuis la limite actuelle des Grands Lacs. À l'ouest, s'élevait une cordillère avec une riche plaine côtière sur son flanc oriental. Dans cet univers régnait en maître une extraordinaire faune de grands reptiles: les dinosaures.

Dans les dernières 15 millions d'années de leur existence, c'est-à-dire de 80 à 65 millions d'années avant ce jour, les dinosaures occupaient les grands espaces continentaux du globe. Dans les mers nageaient d'autres grands sauriens, les plésiosaures, ichtyosaures et mosasaures, et l'espace aérien appartenait aux ptérosaures et aux premiers oiseaux. Dans tout ce monde animal, ce sont les grands reptiles d'Amérique du Nord qui sont les mieux connus. Par certains aspects, leur milieu de vie aurait été familier à nos contemporains du Sud-Est asiatique: dans le sud du Canada actuel poussaient palmiers, pandanus, cycades, arbres à pain et essences de la forêt tropicale humide. Vers le Yukon et l'Alaska florissaient les séquoias, cyprès, fougères arborescentes et essences des forêts humides tempérées, premiers présages de certains paysages actuels des États-Unis, de la Nouvelle-Zélande ou du Chili. Un labyrinthe de méandres de rivières et de marécages laissait entrevoir ce que seraient la Floride ou les bayous louisianais.

De nos jours, seule la grande faune africaine peut approcher la grandeur, la complexité et la variété des formes des dinosaures de cette époque. Il existait alors une multitude d'herbivores et de carnivores, du géant six fois plus volumineux que l'éléphant jusqu'au petit ne dépassant pas le poids d'un chien samoyède. Produits d'une longue évolution de près de 200 millions d'années, les uns étaient lents et placides, d'autres, agiles et rapides, tandis que certains avaient une vision remarquable et un cerveau comparable à celui des mammifères actuels. Ils avaient depuis longtemps envahi tous les habitats terrestres et la pyramide alimentaire qui les supportait était plus complexe que celle d'aujourd'hui.

Qui s'y frotte s'y pique

Certains dinosaures herbivores de la fin du Crétacé étaient bardés de plaques et de pointes osseuses, apparemment pour se protéger des grands prédateurs. Tel était, à gauche, l'ankylosaure pesant trois tonnes, dont la queue se terminant en massue devait être une arme efficace. D'autres herbivores étaient agiles, comme les théséllosaures, à droite, dont on estime le poids à 125 kilogrammes.

Des sédiments catastrophiques

On peut lire cette histoire dans l'accumulation des sédiments du bassin intérieur de l'Amérique du Nord, de la Mongolie et de la Chine, de la France ou de la Tanzanie, ainsi que dans les sédiments marins, que ce soit au Danemark ou en Nouvelle-Zélande. Les fossiles qui y sont préservés nous permettent de reconstruire ce monde disparu. Mais ils nous apprennent aussi qu'une catastrophe s'y est produite. Ce monde s'est écroulé presque totalement et d'un seul bloc, très rapidement, peut-être en l'espace de 1 000 années, ou même 100 années, et peut-être plus soudainement encore.

Ce moment marque une cassure telle dans l'évolution de la vie sur notre planète qu'il a été choisi pour délimiter la fin d'une période géologique, le Crétacé, symbolisé par la lettre K, et le début d'une autre, le Tertiaire, ou T. On est depuis longtemps hanté par les disparitions



J.R. ROY et P. BÉLAND

La plus riche faune de dinosaures

Dans les «Mauvaises Terres» du sud de l'Alberta gisent les restes fossilisés de la plus riche faune de dinosaures connue au monde. Les sédiments les plus riches sont protégés à l'intérieur du Dinosaur Provincial Park, près de Brooks. On voit ici en place le tibia pétrifié d'un dinosaure que l'érosion récente a découvert et que le gel fragmente.

soudaines qui se produisirent alors. Malheureusement, l'approche du problème s'est faite surtout de façon très sectorielle. Un spécialiste se penchait sur les dinosaures, un autre sur les poissons, ou les mollusques ou le plancton marin. Chacun de son côté concluait qu'en effet une catastrophe avait décimé le groupe d'organismes qu'il avait étudié, ou qu'au contraire rien ne s'était produit qui ne sorte de l'ordinaire à l'échelle du temps géologique. Chacun y allait de son hypothèse à oeillets, sans considérer simultanément tous les changements qui s'étaient alors produits dans l'environnement terrestre.

Des éléments de solution ne pouvaient venir que d'une approche globale. C'est dans cette optique que s'est formé à l'automne 1976 le groupe de recherche

K-TEC, sigle de *Cretaceous-Tertiary Environmental Change*, sous l'égide du Musée national des sciences naturelles et de l'Institut Herzberg d'astrophysique du Canada (Conseil national de recherches). Paléontologues, géomagnéticiens, écologistes, climatologues et astrophysiciens décidaient de se réunir pour explorer les causes terrestres et extra-terrestres de ces extinctions massives et, dès novembre dernier, le groupe tenait à Ottawa un atelier dont les comptes rendus viennent d'être publiés par le Musée national des sciences naturelles.

Des extinctions massives

En se fondant sur des études comparées des mammifères actuels et des reptiles de l'époque, on estime qu'il y avait, quelques millions d'années avant la catastrophe, au moins 150 espèces de grands reptiles, dinosaures, plésiosaures, ichtyosaures et mosasaures, dans les habitats terrestres, lacustres et marins de l'Amérique du Nord. Pas une seule n'a survécu à la catastrophe. Et il n'y a pas d'indice véritable qui laisse supposer une diminution graduelle de la diversité de ces reptiles vers la fin du Crétacé. Il faut donc envisager sérieusement la possibilité d'une extinction massive de ces grands sauriens.

D'autres groupes animaux ont également disparu massivement à cette époque. C'est le cas des ammonites, mollusques céphalopodes à plusieurs branchies qui étaient alors sur leur déclin et comptaient une trentaine d'espèces dans les océans du monde. Le même sort fut réservé à la grande majorité de l'immense variété des foraminifères et des coccolithes du plancton marin. En fait, si on fait le décompte, habitat par habitat et groupe par groupe, pour tous les animaux de cette période dont on connaît l'existence aujourd'hui, on se rend compte qu'environ 75 pour cent de toutes les espèces n'ont pas survécu au passage du Crétacé au Tertiaire. Comme la diversité de la vie était alors plus grande qu'elle ne l'a jamais été depuis, on doit conclure que cette catastrophe dépasse de loin toutes les extinctions dues aux glaciations du Quaternaire, et même celles causées par l'Homme.

Cependant, tous les types d'habitat ne semblent pas avoir été touchés au même degré. Ainsi, les organismes d'eau douce, cours d'eau et petits lacs, n'ont pratiquement pas changé. Les animaux terrestres, à l'exception des vertébrés, ont été peu affectés. Chez les groupes qui ont des représentants et en eau douce et en eau salée, comme les mollusques et les poissons, ce sont les groupes marins qui ont été les plus touchés. On constate partout que les maillons les plus élevés de la chaîne alimentaire ont souffert davantage. Enfin, aucun vertébré terrestre de plus de 25 kilogrammes n'a réussi à faire le passage vers le Tertiaire. Il faut cependant noter que certains groupes n'ont laissé que peu de fossiles,

c'est le cas des oiseaux, et que d'autres ont été peu étudiés.

La flore aurait été peu touchée

Ce qu'il est advenu de la végétation terrestre à ce moment n'est pas tout à fait clair. On peut reconstituer la végétation fossile soit à l'aide de parties macroscopiques fossilisées, tiges ou feuilles, soit avec du pollen microscopique préservé dans les sédiments. C'est cette dernière méthode, nommée palynologie, qui a été récemment la plus utilisée. De premières études palynologiques ont mis en évidence que la flore à la limite Crétacé-Tertiaire était formée de trois séquences: d'abord une première flore, typiquement crétacée, suivie d'une seconde, d'aspect transitoire et, enfin, d'une troisième, typiquement tertiaire.

Selon cette interprétation, le passage du Crétacé au Tertiaire, du point de vue flore, serait graduel, non catastrophique et en accord avec les résultats des études macroscopiques. Ces études laissent croire qu'il y aurait eu au cours du Tertiaire un lent refroidissement commençant près de la période critique qui nous intéresse. Par ailleurs, les plus récentes études palynologiques de la zone Crétacé-Tertiaire en Saskatchewan montrent que les trois flores n'en forment qu'une: la flore de transition n'existe pas, la flore du type Crétacé se mélange à celle du Tertiaire, et vice-versa. En d'autres mots, la végétation terrestre n'a pas senti la catastrophe qui décima les animaux!

À mesure que l'on remonte dans le temps, et nous parlons ici de ce qui s'est passé il y a 64,5 millions d'années, le pouvoir de résolution des méthodes d'analyse de fossiles organiques diminue. Ainsi, la palynologie ne permettrait pas d'identifier un phénomène qui aurait duré

Une forêt pétrifiée

Dans le nord de ce qui est aujourd'hui l'Alberta, on retrouve les traces d'un habitat qui correspond aux bayous de la Louisiane. Dans des sédiments de la fin du Crétacé sont associés les troncs pétrifiés des cyprès et les ossements du gigantesque edmontosaure.



MUSÉE NATIONAL DES SCIENCES NATURELLES

un mois, ou même 50 ans. Si toutes les plantes avaient donc cessé de se reproduire durant une ou plusieurs saisons, ou même disparu totalement, ne laissant que graines et racines dans le sol, les études palynologiques ne pourraient le déceler. Quant au monde animal, il n'est pas encore possible de définir de limite minimale à la durée des extinctions qui l'ont touché bien que l'accumulation sédimentaire la plus complète qui ait été étudiée suggère une durée très courte, de l'ordre d'une à cent années peut-être. Pour gagner en précision, il faut recourir au paléomagnétisme.

Une signature dans les sédiments

Le champ magnétique terrestre forme un fuseau de lignes de force orientées d'un pôle à l'autre. À intervalles irréguliers au cours de l'histoire géologique, la polarité s'inverse, le pôle nord magnétique se retrouvant au pôle sud et vice versa. En plus de ces variations dans la direction des lignes de force, il existe des variations dans l'intensité du champ. Tout comme le fait une boussole, les particules magnétisables des sédiments en voie de formation s'orientent dans le sens des lignes de force, pour ensuite demeurer en quelque sorte figées dans la roche.

Théoriquement donc, la direction et l'intensité du champ magnétique terrestre au moment où les dinosaures ont disparu ont laissé une signature dans les sédiments qui contiennent leurs ossements! Cette signature devrait être la même dans tous les sédiments terrestres et marins non remaniés déposés sur toute la planète à la même époque. La lecture de cette signature, qui n'a pas encore été faite, déterminera avec précision si toutes les extinctions représentées par des fossiles ont été simultanées. Dans cette éventualité, il s'agirait bel et bien d'une catastrophe, et sa durée pourra être mesurée en utilisant parmi les séquences sédimentaires à la limite Crétacé-Tertiaire celles qui sont complètes et dont on peut mesurer adéquatement la vitesse de formation.

Des hypothèses farfelues

La variété des hypothèses qui ont été proposées pour expliquer la disparition des dinosaures est inimaginable. D'aucuns, assumant que les dinosaures sont d'authentiques reptiles à sang froid, postulent un refroidissement du climat qui les engourdit à jamais. D'autres imaginent des dinosaures à sang chaud, mais qui meurent pour les mêmes raisons, puisqu'ils ne possèdent ni couche de gras, ni poil, ni plumes. On a, d'autre part, avancé l'idée d'un réchauffement subit ou encore d'une augmentation soudaine de la pluviosité. Certains préfèrent voir les dinosaures empoisonnés en masse: diète trop riche en fougères contenant une huile néfaste, ou trop riche en plantes à fleurs à forte teneur en alcaloïdes, ou encore dysenterie généralisée due aux spicules sur les



MUSÉE NATIONAL DES SCIENCES NATURELLES

Pas plus gros qu'un homme

Les dinosaures carnivores n'étaient pas tous aussi lourds et puissants que le fameux tyrannosaure. Vers la fin du Crétacé, plusieurs espèces de prédateurs de petite et moyenne taille sont apparus. Très agiles, certains avaient un cerveau de taille comparable à celui des grands mammifères actuels. Plus petit qu'un homme, le saurornithoïdés ne pesait que 25 kilogrammes. Ses yeux énormes et ses pattes avant aux très longs doigts lui permettaient de capturer les minuscules mammifères insectivores dont il faisait probablement ses proies.

spores de fougères, et enfin un salmigondis de poisons d'origine volcanique ou météoritique. On a également imaginé des scénarios autour de la compétition pour une même ressource: des chenilles auraient subitement gobé, à l'échelle de la planète, toute végétation utile aux dinosaures. Un même parasite nouveau et mystérieux, *The Andromeda Strain* version Crétacé peut-être, aurait éliminé toutes les espèces. De petits mammifères gobeurs d'oeufs auraient considérablement appauvri le bagage génétique des grands sauriens!

Et pourquoi pas des dérèglements anatomiques et métaboliques: mauvais équilibre hormonal dû à la surpopulation et provoquant un amincissement de la coquille des oeufs de dinosaures, stérilisation massive due à la chaleur ou au froid, déficiences en calcium, des vertèbres qui glissent, stupidité et sénilité généralisées... Les études de communautés animales peuvent laisser croire aussi à une autre hypothèse: les dinosaures étaient trop spécialisés et avaient atteint un cul-de-sac. On en arrive ainsi finalement aux arguments teintés de philosophie: toutes les races s'affaiblissent à la longue et disparaissent.

Ce qu'on oublie souvent, c'est que le monde des derniers moments du Crétacé supérieur était le produit d'une longue évolution. Les plantes et animaux qui y vivaient avaient co-évolué. Ce n'était pas un univers monolithique, mais très diversifié et complexe, certainement pourvu de mécanismes homéostatiques, c'est-à-dire auto-régulateurs. Ainsi, l'apparition d'une nouvelle espèce de

plante ou d'un parasite inconnu peut causer, en théorie, la perte de l'une ou l'autre espèce de grand reptile, mais pas la disparition simultanée de plusieurs douzaines d'entre elles et de centaines d'autres espèces. Il a parfois été fait grand cas du volcanisme intense de cette période, sans tenir compte que tout au long du Crétacé, il est possible de retrouver les traces d'une telle activité, suivie d'accalmies, et sans que la diversité de la vie n'en soit affectée outre mesure.

On a également parfois soutenu que les dinosaures auraient été supplantés dans la maîtrise du globe, par des mammifères et des oiseaux. On oublie encore qu'à cette époque les mammifères étaient de minuscules animaux au cerveau peu évolué. En réalité, il est plus simple d'expliquer l'essor subséquent des mammifères et d'oiseaux par la disparition des dinosaures: ils ont tout simplement rempli le vide créé. C'est ce vide qu'il faut expliquer, plus grand que celui créé par une glaciation, et à une époque où le climat n'a, en comparaison, pas changé. Pour l'expliquer, il faut invoquer des scénarios à l'échelle de la planète ou même du cosmos.

Scénarios terrestres

L'hypothèse actuellement la plus en vogue gravite, comme il faut s'y attendre, autour de la théorie de l'expansion des fonds marins et de la dérive des continents. Lorsque la croûte terrestre est très active, les dorsales médio-océaniques s'élèvent. Cerehaussement, en réduisant le volume des bassins océaniques, provoque des transgressions marines: de larges étendues continentales sont submergées, provoquant la disparition des espèces qui y habitent et une réduction des habitats terrestres. Par contre, lorsque la croûte terrestre cesse son activité, les dorsales médio-océaniques s'abaissent et le volume des bassins augmente. Par conséquent, la mer se retire des continents et les plateaux continentaux émergent. Dans ce cas, appelé régression, la vie marine est directement touchée, puisque toutes les communautés vivant sur les bancs et les hauts-fonds disparaissent.

Ces variations du niveau de la mer ont d'autres conséquences. À cause des changements dans les courants océaniques et dans la répartition des masses continentales, le climat se modifie. On a dit que le monde du Crétacé était très riche et complexe parce qu'il avait évolué au cours d'une très longue période de climat tempéré, chaud et constant. Par conséquent, tout changement climatique devait entraîner une forte baisse de la diversité des organismes vivants. Une autre modification résultant des variations du niveau de la mer pouvait consister en un blocage de la chaîne alimentaire des océans.

On sait en effet que les plantes marines unicellulaires, le phytoplancton,

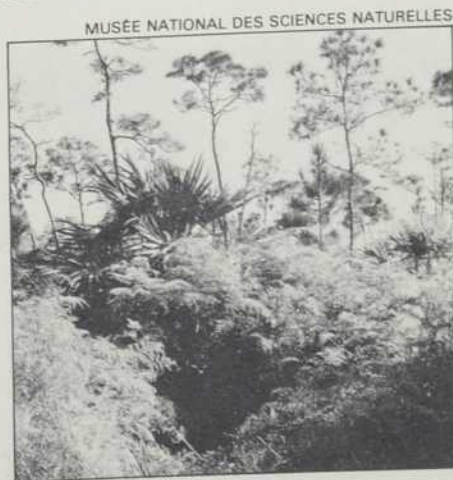
sont à la base de la chaîne alimentaire des océans. Pour leur croissance, elles ont besoin d'éléments nutritifs, les sels minéraux, qui proviennent en définitive des eaux d'écoulement des continents. Or, en l'absence d'activité volcanique et orogénique, c'est-à-dire de mouvements de l'écorce terrestre, la source de ces éléments nutritifs vient à se tarir. Il en résulte une chute de la production de phytoplancton et, par effet d'entraînement, l'effondrement de la pyramide alimentaire des océans. On va même plus loin: le phytoplancton est une source d'oxygène pour l'atmosphère. S'il disparaît, il se peut que la réserve d'oxygène soit épuisée et que les organismes terrestres soient asphyxiés.

En définitive, ce scénario s'articule autour du phytoplancton et tout phénomène causant sa disparition devient acceptable. Ainsi en est-il d'un élèvement rapide de la couche profonde dans les mers, couche au-dessous de laquelle les carbonates se dissolvent dans l'eau de mer. Puisqu'une grande proportion des algues microscopiques qui forment le phytoplancton ont des squelettes à base de carbonates, ces algues ne peuvent vivre au-dessous de cette profondeur. Dans ces conditions, une élévation de ce niveau critique jusqu'à la zone illuminée de l'océan où vivent ces algues serait catastrophique. On croit qu'un tel phénomène se serait produit à la fin du Crétacé, alors que cette profondeur critique serait remontée jusqu'au-dessus des plateaux continentaux.

Tous les scénarios terrestres proposés ne sont jamais entièrement satisfaisants. Ainsi, les études de la flore terrestre nous empêchent de croire à un profond changement climatique. Quant aux grands sauriens, du seul fait de leur masse, ils auraient pu conserver une température acceptable sans mécanisme

Comme la Floride

Les basses terres de la Floride sont un riche mélange de marécages, méandres, platières et forêts de type subtropical. C'est dans un décor semblable que vivaient certains des dinosaures de l'Ouest canadien, il y a 70 millions d'années.



physiologique spécifique, malgré des variations quotidiennes limitées dans la température externe. Il n'est certes pas essentiel que le climat soit chaud pour que de grandes faunes de vertébrés puissent subsister. La richesse des grands mammifères des régions non touchées par les glaciations du Yukon et de l'Alaska au Quaternaire en témoignent.

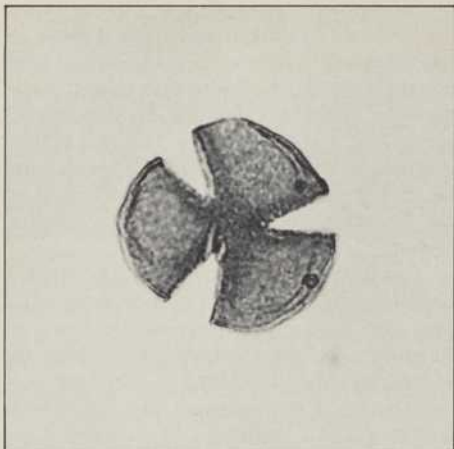
Les hypothèses articulées autour de l'affaissement du phytoplancton ne sont pas non plus inattaquables. Une recrudescence de l'expansion des fonds marins s'accompagne d'activité volcanique qui contribue à renouveler les éléments nutritifs. On a établi qu'en Amérique du Nord à tout le moins, la cordillère occidentale a subsisté tout au long du passage Crétacé-Tertiaire, fournissant une ample quantité de sédiments produits par érosion de cette chaîne.

D'autre part, s'il y a eu à cette époque une régression, elle ne fut pas généralisée à l'échelle de la planète. En fait, plusieurs fois pendant l'âge des dinosaures, la mer intérieure s'est retirée du continent nord-américain pour y revenir par la suite, sans que les dinosaures ne disparaissent. Enfin, les réserves d'oxygène de l'atmosphère sont colossales et auraient pu entretenir la respiration pendant une période beaucoup plus longue que celle pendant laquelle les extinctions se sont apparemment produites.

Scénarios cosmiques

En guise d'explication de la grande catastrophe écologique, plusieurs causes extraterrestres seraient plausibles. Il est facile d'extrapoler, pour un passé lointain, à partir des phénomènes observés aujourd'hui dans les étoiles et les galaxies. Malheureusement, les données expérimentales ne peuvent nous indiquer avec certitude que tel ou tel événement eut lieu dans notre galaxie, il y a 65 millions d'années. Il faut donc éliminer les phénomènes qui auraient dû laisser une empreinte durable mais qu'on ne retrouve pas, et se contenter de ceux qui, par leur nature même, n'ont pu laisser de traces directes observables. L'impact d'un grand météorite appartient d'emblée à la première catégorie et l'explosion d'une supernova rapprochée ou une série de super-éruptions solaires se rangent dans la seconde.

Depuis que la vie existe sur Terre, environ trois milliards d'années, le nombre et la dimension des blocs astéroïdaux vagabondant dans le système solaire se sont maintenus relativement constants, comme l'a démontré l'étude des cratères météoriques marquant la surface des planètes Mercure, Vénus, Terre, Mars et des satellites Lune, Phobos et Deimos. L'évolution différentielle de l'érosion et de l'activité tectonique et volcanique sur les différentes planètes a permis d'établir un calendrier approximatif du bombardement des planètes par



MUSÉE NATIONAL DES SCIENCES NATURELLES

Un pollen de 65 millions d'années

Les grains de pollen microscopiques, produits par les végétaux à fleurs, sont transportés surtout par le vent ou les insectes. Ils sont recouverts d'une coque résistante et se conservent très longtemps. Celui-ci, d'un diamètre de 0,028 millimètre est vieux de 65 millions d'années, et provient des sédiments à la limite Crétacé-Tertiaire de Morgan Creek en Saskatchewan. Cet témoin de la fin des dinosaures fut produit par une plante à très larges feuilles (Gunnera), disparue du Canada mais encore présente dans les montagnes du Mexique, d'Hawaï, de Nouvelle-Zélande et du Chili.

les bolides interplanétaires. Par exemple, pendant les premières centaines de millions d'années, la Lune et la Terre connurent un taux d'impact mille fois plus élevé que durant les derniers deux milliards d'années.

Cette longue accalmie permet difficilement d'imaginer qu'un ou plusieurs immenses astéroïdes aient pu entrer en collision avec la Terre aussi récemment qu'il y a 65 millions d'années. Comment ce bolide aurait-il pu éliminer les dinosaures ainsi que des milliers d'autres espèces tant marines que terrestres, et perturber le milieu océanique à l'échelle du globe, sans laisser de structure d'impact? L'hypothèse corollaire d'un empoisonnement par des composés de nickel météorique vaporisés lors de l'impact est trop simpliste pour être envisagée exclusivement, car elle fait fi de la complexité évidente du schéma des extinctions.

Quand une étoile s'effondre

Plus attrayante, la possibilité de l'explosion d'une supernova à proximité du système solaire, c'est-à-dire à moins de 50 années-lumières, a retenu l'attention depuis plusieurs années. À la suite des premières hypothèses de H. Haber (1945) et de O. Schindewolf (1954), plusieurs scénarios détaillés des répercussions terrestres d'une telle explosion ont été élaborés.

Une supernova représente l'aboutissement spectaculaire de l'évolution d'une étoile qui a une masse une fois et

demie plus grosse que celle du Soleil. Après avoir épuisé le combustible nucléaire, le noyau central de ces étoiles massives s'effondre, libérant tout d'un coup plus d'énergie qu'elles n'en avaient de disponible à partir des processus de fusion thermonucléaire. Il faudrait dix milliards d'années pour que le Soleil, au rythme actuel, émette autant d'énergie que cette catastrophe en dégage en quelques mois.

Pendant les premières semaines, la supernova dépasse en éclat l'ensemble des dizaines de milliards d'étoiles de toute une galaxie. L'énergie libérée apparaît tout d'abord sous forme de lumière, de rayons gamma, de rayons X et ultraviolets, et de mouvements extrêmement violents de matière éjectée, mouvements observables durant des milliers d'années. Le fer du sang de nos veines, le calcium de nos os ainsi que tous les éléments lourds proviennent de supernovae qui explosèrent il y a plusieurs milliards d'années.

Notre galaxie contient des vestiges d'anciennes supernovae. L'exemple le plus célèbre est la nébuleuse du Crabe dans la constellation du Taureau; un nuage aux formes embroussaillées abrite un pulsar à l'endroit même de la supernova du 4 juillet 1054 A.D., dont parlent les annales chinoises Sung-Shih.

Une mort lente

Lors de l'explosion, le puissant éclair de rayonnement gamma, X et UV émis par la supernova frapperait la Terre et serait absorbé par l'atmosphère en même temps que serait aperçu le flash lumineux. L'atmosphère agirait alors comme un écran très efficace. À moins d'un événement très proche, de l'ordre de quelques années-lumières, la dose des

Les météores québécois

La plus grande structure d'impact météorique connue sur notre planète est celle des lacs Manicouagan et Mushalagan au Québec, avec un diamètre de 64 kilomètres et un âge d'environ 210 millions d'années. La mosaïque de plus de 500 clichés aériens montre cette région avant la formation du grand réservoir artificiel retenu par le barrage Manic 5.



rayons gamma, X et UV au sol resterait insignifiante. Il est donc difficile de croire que les dinosaures furent tués par irradiation directe et cette hypothèse devient insoutenable lorsqu'on considère les grandes extinctions du milieu marin pourtant mieux protégé. Cependant, à cause de l'absorption, ces rayons pourraient réduire l'épaisseur de la couche d'ozone et favoriser une plus grande pénétration du rayonnement ultraviolet du Soleil.

Des milliers d'années plus tard, dépendant de la distance de la supernova et de la structure du champ magnétique galactique, le système solaire serait enveloppé par l'onde de choc plus lente, qui, pendant plusieurs siècles, soumettrait la Terre à un intense bombardement de rayons cosmiques. Le taux de radiation naturelle s'accroîtrait alors d'environ 300 fois pour atteindre 10 roentgens par année. La dose cumulative mortelle pour la plupart des animaux en laboratoire est de 200-700 roentgens. Donc la vie animale ne serait pas éliminée tout à coup, mais cette dose pourrait devenir désastreuse sur une période de 20 ans. Somme toute, les dommages causés par la hausse des rayonnements ultraviolet et cosmique sur les organismes exposés se feraient sentir longtemps après l'explosion de la supernova.

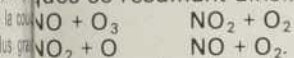
Les données astronomiques ne peuvent malheureusement fournir la preuve de l'explosion d'une supernova dans le voisinage solaire il y a 65 millions d'années. Tous les vestiges de supernovae observés sont associés à des phénomènes relativement jeunes, c'est-à-dire quelques dizaines de milliers d'années ou moins. Il est donc plus qu'improbable de retrouver les traces de cette hypothétique supernova datant de la fin du Crétacé.

Cette approche ne peut se justifier que si la probabilité de l'explosion d'une supernova à moins de 50 années-lumières de notre système solaire est raisonnable. Or, on ignore à quel rythme exact les supernovae se produisent dans la Galaxie, où la plupart demeurent invisibles. Toutefois, l'observation des supernovae dans les autres galaxies nous apprend, par exemple, que leur fréquence dépend du type de galaxie; les taux suggérés varient d'une à six supernovae par siècle. Dans la Galaxie, une supernova se produirait tous les 50 ans en moyenne. Si on suppose que ces supernovae se répartissent uniformément dans le volume de la Galaxie, on déduit qu'une supernova par 70 millions d'années éclaterait dans un rayon de 50 années-lumières de la Terre.

Quand le pôle nord s'en va au sud

Une autre hypothèse mettrait en cause les grandes éruptions du Soleil. Comme l'ont démontré des chercheurs américains récemment, lorsque ces éruptions se produisent, des protons (particules constitutives du noyau atomique portant

ne charge électrique positive) sont émis. Ils viennent bombarder la stratosphère qui est alors le siège d'une intense production d'oxyde nitrique (NO). Ce composé déclenche immédiatement la destruction de l'ozone (O₃) stratosphérique par une série de réactions catalytiques se résumant ainsi:



Étant donné la durée de vie de plusieurs années du NO dans la stratosphère, chaque molécule de NO peut détruire plusieurs molécules d'ozone. Les vents et les mécanismes de diffusion répartissent le NO tout autour de la Terre. C'est à l'échelle planétaire que la couche d'ozone se trouve ainsi affectée.

Au-dessus de 20 km d'altitude, les protons des grandes éruptions solaires ont des effets stratosphériques qui dépassent largement ceux du rayonnement cosmique extra-solaire. Normalement, le champ magnétique terrestre, qui forme un fuseau de lignes de force orientées d'un pôle à l'autre, limite l'accès de ces particules énergétiques aux régions polaires. Toutefois, comme nous l'indiquions précédemment, à intervalles irréguliers au cours de l'histoire géologique, la polarité du champ magnétique s'inverse, le pôle nord magnétique se retrouvant au pôle sud et vice versa. Lors de ce renversement, qui se produit en moyenne une fois tous les 100 000 ans, l'absence temporaire du bouclier magnétique donne aux protons accès à toutes les latitudes. Toute la stratosphère terrestre reçoit alors cette douche énergétique et les effets sont amplifiés de dix fois. On peut postuler un effet plus considérable puisqu'il est peu probable que les éruptions connues soient les plus intenses de toute l'histoire du Soleil. La destruction subséquente de la couche d'ozone par l'oxyde nitrique aurait de graves conséquences pour les organismes vivants alors exposés de plein fouet aux rayons UV d'un Soleil plus actif.

L'impact climatologique résultant de l'épuisement global de l'ozone stratosphérique demeure encore mal défini. Les changements dans la structure thermique de la stratosphère dépendraient de l'énergie et du flux des protons incidents. Ces changements modifieraient à leur tour l'équilibre radiatif de la Terre: changement dans l'altitude de la tropopause, la partie la plus basse de l'atmosphère, dans la circulation atmosphérique, et remaniement des caractéristiques des «jet-streams» qui sont des courants à haute altitude de dimension continentale.

Un smog planétaire

L'oxyde nitrique entre aussi dans une autre réaction avec une molécule d'oxygène (O₂). Une quantité importante peut se convertir en NO₂ qui, à haute altitude, se photodissocierait pour libérer de l'oxygène qui reformerait l'ozone. Absorbée par le NO₂, qui donne la couleur



En lisant dans les sédiments

Dans le bassin intérieur de l'Amérique du Nord, on retrouve une épaisse accumulation de sédiments d'origine fluviale, qui couvre la transition du Crétacé au Tertiaire. Ils sont en général très friables et l'érosion récente les a creusés en gradins incultes sous le niveau de la plaine, d'où le nom «Mauvaises Terres». Par exemple dans l'est du Montana, la formation Hell Creek du Crétacé sur laquelle repose la formation Tulloch du Tertiaire. La limite entre les deux est marquée par une mince couche de charbon indiquée par les flèches. Aucun dinosaure n'a été trouvé au-dessus de cette couche. Au centre du cercle se trouve un squelette de tricératops, géant de plusieurs tonnes rappelant le rhinocéros.

brunâtre familière du smog urbain, la quantité d'ultraviolet qui frapperait le sol diminuerait grandement. Le climat, toutefois, serait affecté d'une façon catastrophique. En effet, les propriétés absorbantes du NO₂ réduiraient la quantité du rayonnement visible du Soleil au sol de façon substantielle; la partie bleue du spectre serait la plus touchée et une lueur d'un orange blafard dominerait les heures du jour où le Soleil percerait à peine. Cette modification dans la quantité et la qualité de l'illumination serait catastrophique pour la photosynthèse. Un refroidissement global suivrait, de même qu'une réduction des précipitations, aboutissant à un désastre dans la biosphère. Après une dizaine d'années, l'azote pourrait se déposer au sol où l'accroissement soudain des éléments nutritifs causerait l'eutrophisation des lacs d'eau douce. La faune souffrirait de ces conditions hostiles plus que la flore; celle-ci pourrait se régénérer par graines et spores qui germeraient lorsque des conditions plus favorables seraient réapparues.

Les mauvaises surprises du Soleil

Le Soleil, nous le supposons, a toujours été une source d'énergie et de vie. Aurait-il pu dans des circonstances particulières devenir une source de mort et de destruction? Il est facile d'imaginer que des organismes ayant évolué sous un Soleil dont la luminosité était stable et

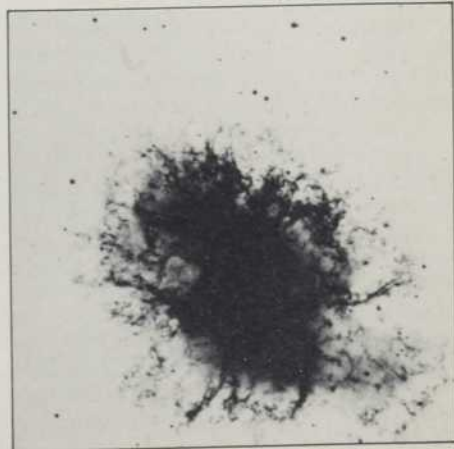
l'activité faible, puissent être fortement affectés par une fluctuation importante de ces deux facteurs.

La luminosité solaire peut-elle varier de façon dramatique? Si on se fie aux données paléoclimatiques, les variations dans la luminosité du Soleil, reflétées par des fluctuations de la température moyenne sur la Terre, ne paraissent pas avoir été importantes. Au contraire, la fin du Crétacé semble avoir joui d'un climat stable (fluctuations de moins de 5 degrés Celsius) et d'un régime tropical régnant à l'échelle de la planète, minimisant en sorte l'impact de toute fluctuation de la température. Quoiqu'il en soit, la luminosité du Soleil ne semble pas avoir varié de plus de 1 ou 2 pour cent depuis le début du 20^{ème} siècle, il est néanmoins présumptueux d'essayer d'en prédire le comportement à long terme. Des travaux théoriques récents ont mis en évidence un nombre de conditions et de processus à l'intérieur du Soleil pouvant induire des fluctuations de la luminosité du Soleil allant de 5 à 10 pour cent sur des périodes de vingt mille à deux millions d'années, par exemple en faisant varier l'efficacité avec laquelle l'énergie s'échappe de l'enveloppe du Soleil (le processus dominant de transfert est la convection). On sait que le champ magnétique peut produire un tel effet. Ainsi on fait d'une pierre deux coups. D'une part, l'accroissement du champ dans l'enveloppe modulerait la luminosité du Soleil, modifiant le flux d'énergie vers la Terre. D'autre part, ce même accroissement entraînerait inévitablement un niveau d'activité solaire très élevé. Par conséquent, non seulement le flux des rayons X et ultraviolets des nombreux

Elle explosa il y a 900 ans

La nébuleuse du Crabe (6 000 années-lumières), dans la constellation du Taureau, est le vestige d'une supernova observée par des astronomes chinois, le 4 juillet de l'an 1054, et rapportée dans les annales Sung-Shih. L'objet devint assez brillant pour être visible le jour pendant trois semaines. Plus de 900 ans après l'explosion, les gaz éjectés sont toujours en expansion rapide et la nébuleuse garde une allure déchiquetée.

HALE OBSERVATORIES





BIG BEAR SOLAR OBSERVATORY

Une manifestation solaire

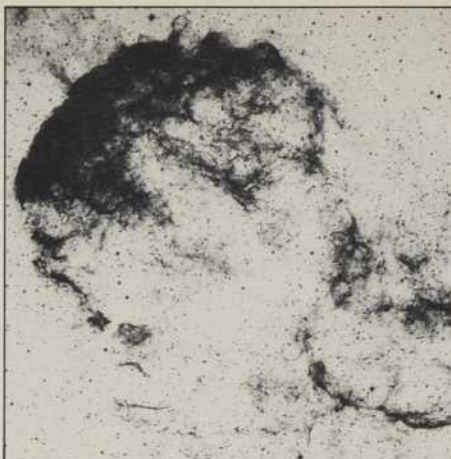
Le 7 août 1972, le Soleil fut le siège d'une grande éruption. On en a alors pris une photo en lumière d'hydrogène. Plusieurs éruptions importantes se produisirent dans ce groupe de taches à cause de la complexité et l'instabilité du champ magnétique. Ce cliché montre à peine un pour cent du disque du Soleil. L'éruption brillante s'étend tout de même sur une longueur de plus de 130 000 kilomètres. Le diamètre de l'horloge représente par comparaison un disque deux fois et demie plus grand que la Terre.

centres actifs sur le Soleil inonderait la Terre, mais nous serions témoins d'éruptions sans précédent.

Un soleil soupe au lait

Une éruption solaire d'importance apparaît comme un éclair éblouissant (d'où le nom «flare» en anglais) dans tout le spectre électromagnétique, émettant quelque 10^{25} joules, soit dix fois l'énergie reçue à la Terre du Soleil en une année, ou l'énergie de dix millions de tremblements de Terre de magnitude neuf. La majeure partie de l'énergie des grandes éruptions réside dans le rayonnement ultraviolet et dans l'onde de choc interplanétaire; la lumière visible, les rayons X et les particules énergétiques (surtout les protons) accaparent le reste. Ce sont les protons, les rayons UV et X qui ont l'impact le plus prononcé sur l'environnement terrestre, tel que décrit plus haut.

Toutefois, pour rendre compte des effets catastrophiques qui frappèrent la biosphère à la fin du Crétacé, le Soleil doit avoir produit des éruptions des milliers de fois plus puissantes que celles observées récemment! Évidemment, une telle énergie doit avoir été émise sur une période de quelques jours afin de ne pas utiliser une fraction trop considérable du budget radiatif. Cette demande d'énergie éruptive peut paraître aux limites de notre étoile. Il est plus facile de répartir une série d'éruptions sur quelques années. Néanmoins, comme on ignore toujours les mécanismes impliqués dans la production des éruptions solaires, il nous faut étudier l'activité éruptive des autres étoiles.



HALE OBSERVATORIES

Avec l'âge le calme

Plusieurs dizaines de milliers d'années après l'explosion d'une supernova, la vitesse d'expansion des gaz se résorbe. Ainsi dans le vestige de cette ancienne supernova (8 000 années-lumières), dans la constellation des Gémeaux, les longs filaments sont mieux ordonnés, mais émettent encore un intense rayonnement visible et radio.

Il existe un groupe d'étoiles naines rouges, appelées *éruptives de type UV Ceti*, qui sont le siège d'éruptions fort similaires à celles observées sur le Soleil. Bien qu'étant des centaines et des milliers de fois moins lumineuses que notre astre, elles produisent des éruptions ayant une énergie équivalente et, dans certains cas, plus grande que les plus fortes éruptions solaires. Si on extrapole le comportement des étoiles UV Ceti jusqu'aux étoiles de luminosité comparable à celle du Soleil, cette relation prédit pour le Soleil des éruptions peu fréquentes, mais 2 000 fois plus puissantes!

Il n'apparaît donc pas anormal que les éruptions d'un Soleil d'antan très actif aient libéré des énergies de quelques ordres de grandeur plus considérables que celles qui nous sont connues. Si une telle activité survenait lors d'un renversement du champ magnétique terrestre...

Pour en lire plus

J. Andouze, *Pourquoi les supernovae explosent-elles?* La Recherche, vol. 5, pp. 567-569, 1974

S. Cuslik, *L'ozone stratosphérique*, La Recherche, vol. 7, pp. 510-519, 1976

R. Michard, *Les éruptions solaires*, La Recherche, vol. 5, pp. 616-625, 1974

D.A. Russell, *Le monde disparu des dinosaures de l'Ouest canadien*, Musée national des sciences naturelles, Ottawa, K1A 0M8, 1977

D.A. Russell, *Mass Extinctions of Dinosaurs and Mammals*, Nature Canada, vol. 5, 1976

Groupe K-TEC, *Cretaceous-Tertiary Extinctions and Possible Terrestrial and Extraterrestrial Causes*, Syllogeus no 12, Musées nationaux du Canada, 162 pages, 1977. Ce texte des comptes rendus de l'atelier K-TEC 1976 peut être obtenu gratuitement en s'adressant au Musée national des sciences naturelles, Musées nationaux du Canada, Ottawa K1A 0M8, Canada

LES PETITS PROBLÈMES D'UN GRAND LAC

par Michel Gauquelin

Un premier
bilan scientifique de l'état de santé
du Lac Saint-Jean



Quand le taux de chômage dans la région dépasse les vingt pour cent, il n'est pas question de faire la fine bouche lorsqu'une nouvelle industrie s'annonce. À Saint-Félicien, au Lac Saint-Jean, tout le monde se félicite donc de la mise en chantier de l'usine de pâte Kraft que la compagnie Donohue Saint-Félicien Inc. promet d'ouvrir en 1978. Un chantier de construction, 300 nouveaux emplois permanents, ce gros lot a été gagné par Saint-Félicien, après vingt ans de promesses électorales et de querelles de clochers.

Située sur la rivière Chamouchouane à une dizaine de kilomètres au nord-ouest de Saint-Félicien, l'usine sera «propre». C'est-à-dire qu'elle sera équipée de tous les systèmes nécessaires pour rencontrer les normes établies par les services du gouvernement fédéral en matière de protection de l'environnement. Malheureusement, il restera une inconnue de taille, non prévue par la réglementation: la ouananiche du lac Saint-Jean continuera-t-elle à remonter la Chamouchouane pour aller se reproduire? Une légère élévation de la température de l'eau, une augmentation de sa couleur, une odeur modifiée peuvent fort bien compromettre la migration annuelle des géniteurs. Or, 80 pour cent du frai de ce saumon d'eau douce, qui fait la fierté et les délices des habitants du Lac Saint-Jean, s'effectue justement dans la rivière Chamouchouane, en amont de Saint-Félicien et de la future usine. Avoir une usine et conserver la ouananiche est certainement possible, à condition de choisir la meilleure façon de déverser les eaux usées.

À une époque où on se souciait guère de la qualité de l'environnement, le lac et ses rivières tributaires avaient déjà subi des affronts. Les coupes de bois massives, le développement de l'agriculture autour de rivières à faible débit comme la Ticouapé et la Belle-Rivière n'ont pu avoir que des effets négatifs sur la qualité des eaux. De même, la construction des barrages sur la rivière Péribonka et près de l'Isle-Maligne, par l'Alcan, a provoqué des changements majeurs sur le niveau des eaux et leur rythme de vie.

Aujourd'hui encore, les égouts des villes et des usines de pâtes et papiers se déversent directement dans le lac Saint-Jean ou dans ses tributaires, tandis que des centaines de chalets situés sur les rives du lac, et des milliers de vacanciers sur les plages, contribuent à polluer un lac qui ne demande qu'à rester propre.

Car malgré les erreurs du passé et en dépit des risques courus à l'heure actuelle, le lac Saint-Jean est en bonne santé. Ses eaux sont propres et ne présentent aucun signe majeur de perte de qualité, de vieillissement, c'est-à-dire d'eutrophisation. Bien sûr, des problèmes locaux existent, notamment près des rivières agricoles et sur certaines plages endommagées par l'érosion, les égouts et le manque de propreté des vacanciers,

mais dans son ensemble le lac n'a rien à voir avec l'état déplorable dans lequel se trouvent certains grands lacs nord-américains comme le lac Érié ou même le lac Ontario.

Son secret: peu profond

Ce bulletin de santé pour le moins rassurant, nous le devons à une équipe de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS-Eau) qui, durant quatre ans, a procédé à des études de base pour connaître et évaluer les qualités physiques et physico-chimiques du plus grand lac «habité» du Québec. Le lac Saint-Jean n'a que la cinquième plus grande superficie, mais les lacs qui le dépassent sont dans des régions pratiquement inhabitées.

Aussi étonnant que cela puisse paraître, aucune étude d'envergure n'avait été menée jusqu'à présent sur cette étendue d'eau qui, avec le Saguenay, est véritablement le cœur de toute une région. Les seuls travaux dignes de mention portaient sur des cas d'espèces que ce soit en géographie ou biologie. Même dans le cas de la ouananiche, les premières recherches d'importance n'ont commencé que dans les années 1970. En fait, l'absence de problèmes considérés comme majeurs jusqu'à tout récemment a contraint les habitants du Lac Saint-Jean à se contenter d'une connaissance intuitive de leur lac.

Le secret de la qualité du Lac Saint-Jean, c'est sa faible profondeur. Soixante quinze pour cent des eaux sont comprises entre zéro et 17,3 mètres, ce qui donne une profondeur moyenne de 11,3 mètres. Comme les rivières qui se jettent dedans ont des débits plutôt impressionnants, il n'est pas étonnant que les eaux du lac se renouvellent très souvent, tous les trois mois en moyenne. En fait, le lac Saint-Jean a un comportement qui se rapproche de celui d'une rivière. Des vents fréquents et assez forts contribuent également à assurer le brassage des eaux, ne laissant guère de chance aux substances trop riches ou trop toxiques qui ont la vilaine habitude de vouloir pourrir les eaux des lacs.

Les registres des Services de protection de l'environnement du Québec ne renferment aucune trace d'atteinte grave ou de catastrophe écologique dans la région, à l'exception du drame du Saguenay, copieusement pollué par l'Alcan qui déverse quotidiennement, sans aucun traitement digne de ce nom, pour près de cent tonnes de solides en suspension ou dissous, de chlorures, de sulfates, de fluorures, de cyanures, d'huiles ou de graisses. Sans compter les rejets de nitrates et de phosphates, d'ammoniaque, de cobalt, de nickel, de plomb, de cadmium, de cuivre, de zinc, de bismuth, selon des concentrations variables et dont il semble difficile, pour l'instant, d'évaluer les effets. Quant au mercure,

certain calculs permettent de penser que la seule usine d'Arvida en rejetterait plus d'une quinzaine de kilos par jour.

L'impact réel de ces émissions n'a pas été étudié à fond jusqu'à présent, de sorte qu'on peut encore accorder au Saguenay, sinon à l'Alcan, le bénéfice du doute. Pour Jacques Michaud, des Services de protection de l'environnement du Québec (SPEQ), le bassin hydrographique du Saguenay-Lac Saint-Jean n'a pas encore atteint son point critique, et il est encore temps de protéger, de prévenir. Habitué à constater des dégâts souvent irréparables ou à fermer des plages, les SPEQ estiment qu'avec le lac Saint-Jean il est enfin possible de protéger et de conserver la qualité d'un bassin hydrographique qui, dans ce cas précis, est l'élément moteur du dynamisme des activités de la région.

L'hiver 1838 à la Grande-Baie

Le lac Saint-Jean est né il y a environ 8 000 ans lorsque la mer Laflamme, un bras de la mer Champlain, s'est retirée, creusant le fjord du Saguenay. Situé dans le Bouclier canadien, le lac est caractérisé par sa vaste cuvette dans laquelle on retrouve des formations calcaires, souvenir de l'ordovicien, et des sables, cadeau du quaternaire.

La présence de dépôts argileux presque tout autour du lac va favoriser l'agriculture, tandis que les sables du nord vont rendre les terres incultes. Ce sont presque des dunes, appelées «afriques» ou «triques». Encore aujourd'hui, les grandes rivières du nord charrient des sables qui viennent se déposer aux embouchures et plus loin, sur les hauts-fonds du lac. La géologie du bassin du lac Saint-Jean va donc affecter les rivières selon les formations sur lesquelles elles coulent, et, du point de vue de la qualité des eaux, de teneurs plutôt élevées en calcium et en magnésium vont se retrouver dans les rivières qui traversent des zones calcaires.

L'ensemble du bassin du Saguenay-Lac Saint-Jean a une superficie de 80 000 kilomètres carrés, mais le bassin du lac compte, à lui seul, pour 85 pour cent de ce chiffre. La grande majorité du territoire se retrouve au nord, couvert par la forêt boréale, tandis que les terres défrichées (8 pour cent) et cultivées (1,5 pour cent) se situent dans la cuvette, sur les terres argileuses. C'est donc dans la cuvette que vont se concentrer la quasi-totalité des activités humaines.

Avant le milieu du siècle dernier, il n'y avait guère que les indigènes à fréquenter la région. Puis des postes de traite s'ouvrirent à Chicoutimi, Métabetchouan, Pointe-Bleue et Mistassini, pour le commerce des pelleteries. Mais ce n'est qu'en 1838 que s'effectua la première expédition d'importance. Une cinquantaine d'hommes, de femmes et d'enfants s'installèrent cette année-là à Grande-Baie, à l'embouchure de la rivière des Ha! Ha!

C'est l'époque de la Société des 21, créée par des citoyens de La Malbaie qui, transigent alors avec la Compagnie de la Baie d'Hudson pour aller couper le bois. C'est aussi l'époque d'une réaction canadienne-française contre l'urbanisation croissante et l'émigration, réaction qui se traduit par un nationalisme conservateur, symbolisé par les missionnaires-colonisateurs qui proclament « emparons-nous du sol pour le cultiver ».

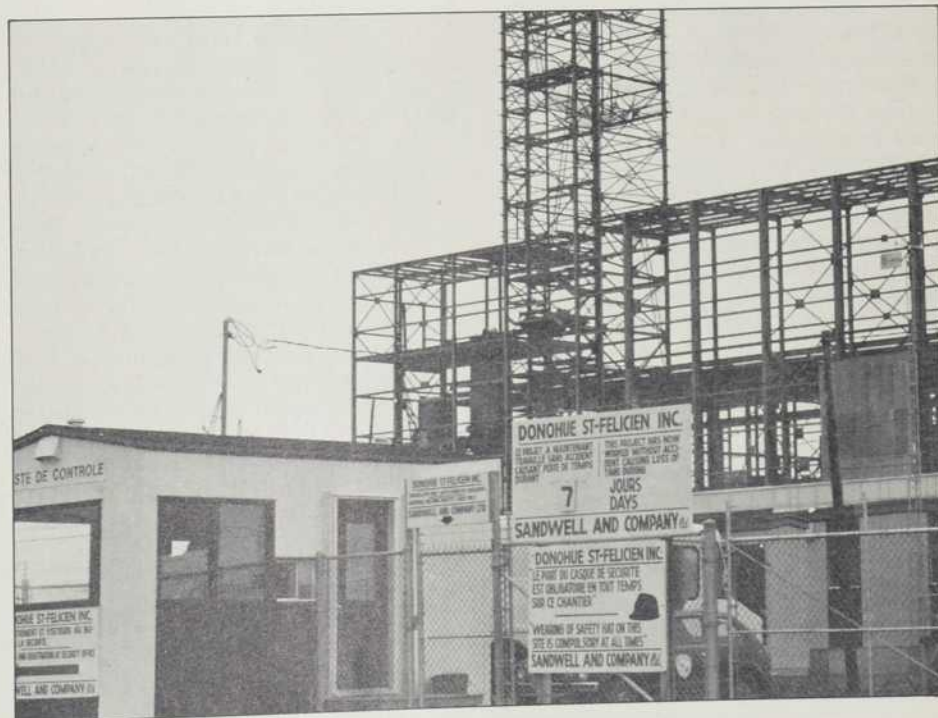
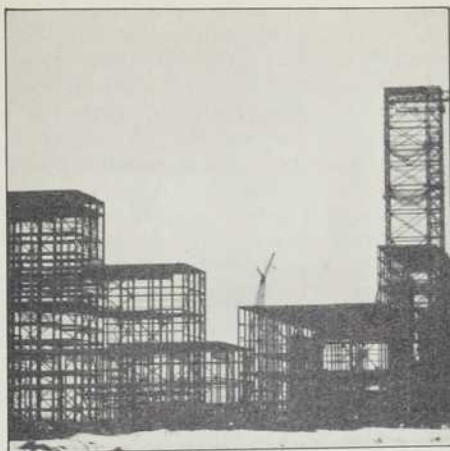
Dès l'année 1842, un certain William Price rachète les installations des premiers colons, accablés par des incendies et des bris d'estacades. Ses trois fils formeront la Société Price Brothers, qui ne cessera d'augmenter son influence, autoritaire et sans partage, jusqu'à l'arrivée d'un autre grand de l'industrie, l'Alcan. La colonisation du Lac Saint-Jean commence en 1850 grâce aux efforts de l'Association des comtés de l'Islet et de Kamouraska, menée par le curé Hébert. Là il n'est pas question du bûcher le bois, mais plutôt de labourer et de créer des pâturages. Période difficile où l'on mange de l'orge bouillie dans l'eau et qui sera marquée par une calamité: les incendies. Celui de 1870, le grand feu, ravagera tout sur son passage, de Saint-Félicien à Grande-Baie, à l'exception de Sainte-Anne et de Chicoutimi. C'est au cours de la décennie suivante que la véritable expansion de l'occupation du contour du lac va se réaliser, se fixant sur deux pôles, Roberval et Hébertville, tandis que 350 Indiens sont déjà parqués (1856) à Pointe-Bleue.

La fin du siècle et le début du siècle suivant seront marqués par le développement de l'agriculture, la construction du chemin de fer, l'importance de Roberval port d'attache des nombreux bateaux qui sillonnent le lac pour desservir les paroisses, et lieu de villégiature réputé mondialement, surtout pour la pêche à la ouananiche. Mais le cycle des scieries, celui des pulperies, puis celui des papeteries va également toucher le Lac Saint-Jean. Les unes naissent, les autres meurent, pour devenir des Val-Jalbert.

Plusieurs sources de pollution

Dans son ensemble et parce que la population ne dépasse guère les 100 000 habitants aujourd'hui, ce bilan de la colonisation de la région n'est pas trop négatif pour la qualité de l'environnement, et des eaux en particulier. L'agriculture, en s'implantant fortement dans la plaine de Normandin au nord-ouest et sur les terres du sud-est, a néanmoins contribué à charger de petites rivières comme la Ticouapé, les rivières Bédard et des Chicots, et la Belle-Rivière. Ces cours d'eau absorbent trop souvent les égouts des fermes, le fumier animal, des carcasses d'animaux morts, notent les SPEQ.

De plus, l'érosion des terres se trouve accentuée du fait de l'orientation des labours, souvent dans le sens de la pente,



Qui ne risque rien n'a rien

Copeaux, bran de scie et écorce alimenteront l'usine de pâte kraft blanchie de Saint-Félicien qui produira 262 000 tonnes annuellement. La construction va bon train et ce projet de 300 millions de dollars promis à la région du Lac Saint-Jean depuis plus de vingt ans devrait être complété l'an prochain. Plus d'un milliard de litres d'eau, pompés dans la Chamouchouane qui passe au pied des installations, seront utilisés et rejetés chaque jour, ce qui représente environ 1/200 du débit de la rivière à l'époque où la ouananiche remonte pour aller frayer. La chaleur, la couleur, l'odeur de cette masse d'eaux usées pourraient fort bien, entre autres, constituer une barrière et mettre ainsi en péril ce saumon d'eau douce qui fait la renommée du Lac Saint-Jean.

facilitant ainsi l'entraînement de matières solides dans les cours d'eau. Les drainages de surface ont des effets identiques, les drainages souterrains ayant pour leur part le désavantage de nécessiter souvent l'abaissement du niveau des rivières, avec les modifications des lits et des rives qui s'ensuivent. Quant aux engrais chimiques et autres fertilisants, entraînés par ruissellement dans des cours d'eau qui se voient considérablement enrichis en matières organiques, les Services de protection de l'environnement du Québec les évaluent à au moins 3 500 tonnes épandues sur les terres (1971).

Le résultat de tout cela, ce sont, par exemple, des concentrations théoriques élevées en azote et phosphore sur de petites rivières, alors que les concentrations des grandes rivières forestières sont dix fois moindres, même si leurs apports, naturels, sont en fait beaucoup plus importants en chiffres absolus. Les conséquences des activités agricoles se

remarquent également à l'embouchure de certaines rivières, où l'on note de la turbidité, des formations d'algues, et des odeurs pas très ragoûtantes.

L'industrie se limite à peu près aux bois, pâtes et papiers et à l'énergie hydroélectrique. Le bleu n'a pas d'impact sur la qualité des eaux, et les activités des laiteries ou abattoirs sont faibles. Les coupes forestières et surtout le flottage ont, par contre, créé de réels dommages en augmentant le débit des rivières, donc le lessivage des sols et l'érosion qui se traduit par une augmentation de la charge des eaux en matières solides et dissoutes. On signale également des changements dans la température de l'eau, un accroissement de la concentration de nitrates dissous qui pourrait provoquer une eutrophisation, et une mise en disponibilité du mercure par l'entremise des feuillages et des branches laissés sur place.

Les usines de pâtes et papiers sont situées à Dolbeau (Domtar) et Desbiens (Saint-Raymond Paper). Que ce soit au stade de la préparation du bois ou à celui

des rejets de gaz et substances chimiques, ces deux usines polluent allégrement les airs et les eaux, celles de la Mistassini, comme celles de la Métabetchouan. De plus, le procédé utilisé, méthode sulfite, est le plus polluant. Enfin, les déversements de «liqueur» usée se font directement dans les rivières, sans aucun traitement.

Comme deux millions de personnes

Il est très difficile de quantifier les émissions, mais une évaluation réalisée par les SPEQ peut donner un ordre de grandeur, rien de plus, qui laisse tout de même songeur. Pour 3 000 tonnes produites quotidiennement par tous les moulins du Saguenay-Lac Saint-Jean, sauf celui de Desbiens, les rejets de solides en suspension, 125 tonnes par jour, équivaldraient à ceux d'une population de 1 375 000 personnes. Les solides dissous, quant à eux, s'élèvent à 558 tonnes par jour, et la demande biochimique en oxygène (DBO_5) à 179 tonnes soit l'équivalent d'une population de près de deux millions de personnes. La proportion de rejets dans le lac Saint-Jean serait de 27 pour cent pour les solides en suspension (371 250 personnes), 47 pour cent pour les solides dissous, 50 pour cent pour la DBO_5 (987 250 personnes).

Environ 140 barrages et digues de plus de 60 centimètres de retenue sont recensés dans le bassin du lac, et affectent donc, plus ou moins, le débit des

Des barrages «effrayants»

Les barrages de l'Alcan sur la rivière Péribonka ont eu pour effet de détruire les frayères de la ouananiche. Aujourd'hui, il ne reste que la Chamouchouane, pour le moment, à ne pas avoir été touchée par les barrages, moulins à papier et autres activités humaines.

rivières. En fait, ce sont les installations de l'Alcan, barrages, digues et centrales sur la Péribonka et près de l'Isle Maligne, qui ont un véritable impact sur l'environnement. Les trois barrages sur la Péribonka ont détruit les frayères à Ouananiche, bouleversé le débit de la rivière, tandis que les installations de l'Isle Maligne jouent avec le niveau du lac.

En 150 ans d'activités humaines sur ses rives et dans les alentours, le lac Saint-Jean a fort bien résisté à tous les coups que lui ont porté le développement de l'agriculture, l'exploitation forestière, les industries du bois et des pâtes et papiers, ainsi que les installations de barrages. Le respect de son intégrité, le lac le doit peut-être à un développement qui n'a jamais atteint un niveau de gigantisme, d'urbanisation et d'industrialisation sauvages qu'ont connu d'autres régions, mais il le doit également, et avant tout, à ses propres qualités, qui lui permettent de faire front.

Caractérisé par sa faible profondeur, le lac Saint-Jean est par ailleurs doté d'un vaste bassin versant, le cinquième au Québec, qui assure de grands flux à l'ensemble du système. Le total du débit moyen des rivières du bassin atteint 1 467 mètres cubes à la seconde. Le lac va donc renouveler ses eaux très vite, un peu comme une rivière ou comme le lac Saint-Pierre dont le temps de séjour des eaux ne dépasse pas quelques jours, alors qu'il peut atteindre plusieurs décennies dans le cas des Grands Lacs nord-américains. Mensuellement, le taux de renouvellement des eaux du lac va varier de 17 pour cent en hiver à 70 pour cent au mois de mai, ce qui est très élevé.

Une eau bien brassée

Pour l'équipe de l'INRS-Eau, composée de Lise Potvin, Gérald Jones, Michel Leclerc et Marcel Ouellet, cette constatation apportait en fait une explication à la relative bonne qualité des eaux du lac.

Habituellement, les lacs ont au moins 50 pour cent de leurs eaux dans ce que les spécialistes appellent l'hypolimnion, soit la couche inférieure. L'action du vent ne s'y fait que très peu sentir, il ne s'y effectue pratiquement pas de brassage, et la température y est relativement stable, de un à quatre degrés Celsius au fond en hiver. C'est dans cette couche que se retrouvent les sédiments organiques. La ligne de démarcation entre les eaux inférieures et les eaux supérieures est une zone intermédiaire et étroite, véritable barrière, dans laquelle la température des eaux croît rapidement. Quant à la couche supérieure, l'épilimnion, elle ne représente qu'un faible volume, soumis à l'action de l'air.

Le lac Saint-Jean, lui, a plus des trois quarts de son volume soumis à un régime supérieur, la couche inférieure ne se retrouvant qu'au milieu du lac, vers le sud-est. Cela signifie qu'à cause des vents fréquents et soutenus qui soufflent

d'ouest-nord-ouest, et parfois d'est-sud-est, la majorité des eaux sont brassées très souvent. Dans le secteur nord-ouest du lac, où la profondeur est si faible qu'on marcherait des kilomètres la tête hors de l'eau, les apports des rivières à gros débits, et parfois chargées lourdement comme la Mistassini à Dolbeau, sont donc mis tout de suite en circulation dans le lac sans avoir le temps de se déposer aux embouchures. Les sables connaissent le même sort, avançant eux aussi petit à petit vers le centre du lac.

Les éléments nutritifs, les produits toxiques, tout va se trouver vite diffusé dans l'ensemble du lac par la puissance des grandes rivières et l'action du vent, ce qui pourrait constituer un danger. Mais en même temps, parce que justement ils sont diffusés à la grandeur de ce volume impressionnant d'eau, ces produits sont vite dilués et ne portent pas à conséquence. Un effet nocif est toujours possible dans le cas où le temps de vie du produit est plus court que le temps de brassage des eaux, et c'est ainsi qu'on peut assister à la formation de fines algues dans des zones bien délimitées. Mais bien souvent une tempête va venir remettre en cause ces formations, que l'on ne retrouve qu'à l'embouchure des rivières soumises à des activités agricoles comme la Ticouapé et la Belle-Rivière.

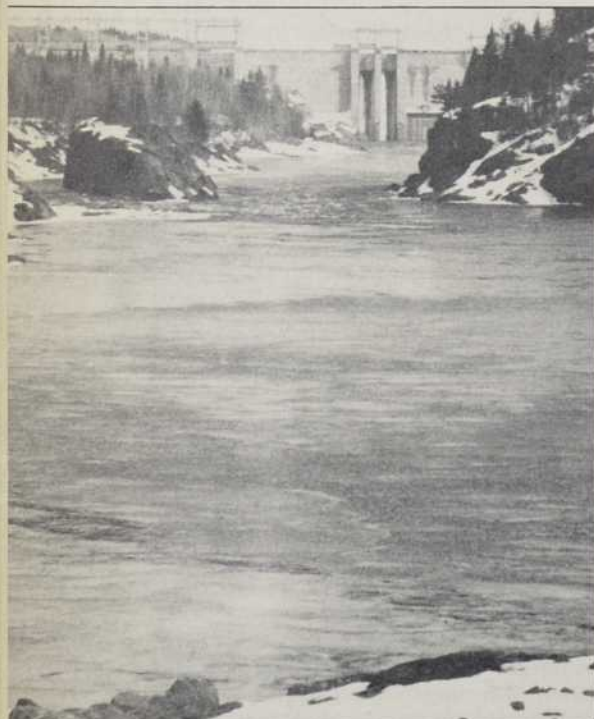
Puisque le temps de séjour des eaux est court, notamment pendant les crues de printemps, la qualité du lac est donc déterminée en grande partie par celle des cours d'eau qui l'alimentent si généreusement: Mistassini, Mistassibi, Péribonka et Chamouchouane, ces grandes rivières du nord qui, à elles seules, font 87 pour cent du bassin du lac Saint-Jean.

Ces rivières ont à supporter des coupes de bois, du flottage, des barrages et la présence de quelques villes près de leurs embouchures, mais, compte tenu de leurs forts débits, elles peuvent être cataloguées comme peu touchées ou endommagées par ces activités. Les eaux qu'elles apportent dans le lac sont donc de bonne qualité.

Les égouts directement dans le lac

Avec une telle dynamique générale, le lac Saint-Jean a d'excellents atouts pour conserver sa qualité. Mais encore faut-il qu'aucune initiative humaine ne vienne entamer sa marge de manœuvre, lui asséner des coups au-delà des limites tolérables. Grâce à son fort pouvoir de récupération, le lac pourrait pratiquement s'auto-nettoyer en quelques semaines si l'on était capable d'arrêter complètement les déversements de substances nocives dues à l'agriculture, aux usines de pâtes et papiers et aux égouts urbains qui créent des problèmes ponctuels.

Sans aller jusqu'à vider la région de ses habitants pour quelques semaines, il est au moins possible de prévoir des améliorations minimales et surtout de s'assurer que tout nouvel aménagement, industriel ou autre, se fera dans un



respect strict de l'environnement dont les eaux sont une pièce maîtresse, conditionnant une grande partie des activités de la région.

Pour le moment, il est important de protéger les rives et les eaux qui les baignent puisque c'est là que se situent les problèmes actuels. Les villes sont, avec les industries, les premières responsables de cet état de fait, car elles déversent leurs égouts dans le lac ou ses rivières tributaires sans aucun traitement. Deux exceptions toutefois: Pointe-Blue et Saint-Gédéon, cette dernière étant sur le point de se doter d'un système d'épuration des eaux usées.

Pour les Services de protection de l'environnement, les rejets domestiques, tout comme les rejets industriels d'ailleurs, présentent de sérieux dangers: «... L'action combinée de ces déversements contribue à l'augmentation significative des matières organiques dans les cours d'eau récepteurs, au développement d'une activité bactériologique qui peut représenter de sérieux dangers pour la santé humaine ainsi que l'arrivée de corps étrangers particulièrement nocifs pour les organismes vivants du milieu aquatique tels les huiles, les graisses, les détergents, les fibres d'amiante et certains métaux toxiques.», peut-on lire dans un document interne des SPEQ qui s'attache à préciser que les effets ne sont pas connus et que des études devraient être entreprises rapidement sur cette question.

Les principales municipalités du lac Saint-Jean s'approvisionnent en eau potable en dehors du lac, à l'exception de Roberval, et ont un système de traitement. Les humains se sentent protégés... mais oublient qu'ils mangent du poisson du lac et qu'ils se baignent dans ses eaux.

Les rives à l'Alcan

Les plages du lac Saint-Jean sont belles, appréciées de la population... et propriété de la Société d'électrolyse et de chimie Alcan Ltée. Toutes les rives du lac, à l'exception de la Pointe-Racine et de la Pointe-Taillon, cette dernière cédée au Gouvernement du Québec tout récemment, appartiennent à l'Alcan. C'est à la fin de l'année 1922 que le gouvernement, après avoir hésité devant le risque d'inondations de terres agricoles, finissait par accorder un permis de construction de barrage à la compagnie Alcoa qui désirait produire de l'électricité à l'Isle-Maligne. Dès 1926, les turbines se mettaient à tourner et un an plus tard, une ligne électrique se rendait même jusqu'à Québec.

La première conséquence est alors une élévation du plan d'eau du lac avec les problèmes biophysiques, sociaux et économiques qu'elle devait entraîner: pertes de terrains par les riverains qui voyaient leurs champs inondés, les berges sapées. Le mécontentement gronde et se trouve renforcé lorsqu'en 1926 un vent de nord-est violent et

constant provoque l'inondation de Roberval. La compagnie, dont un des propriétaires est un certain monsieur Price, commence à racheter les terres situées sur le bord du lac.

Les négociations sont laborieuses et le gouvernement doit même créer une «commission du Lac Saint-Jean» en 1927 pour entendre les parties et fixer les compensations à accorder aux cultivateurs, souvent à la valeur d'un lot entier, même si une partie seulement du lot est inondée. La véritable catastrophe survient lors de la débâcle du printemps suivant. Un hiver neigeux et un printemps tardif provoquent des inondations à travers le Québec. Dans son ouvrage «Le royaume du Saguenay», Pierre-Yves Pépin raconte qu'au lac Saint-Jean les eaux atteignent la cote 23 et que l'inondation est générale. Les ponts sont emportés, les champs envahis par les eaux, Saint-Méthode évacué au grand complet, l'eau atteignant les portes de l'église. La compagnie doit payer pour la réinstallation des habitants de Saint-Méthode dont seulement la moitié réintégrera son village.

Aujourd'hui, l'Alcan est propriétaire des rives à partir de la ligne des hautes eaux qui a été établie à la cote 15 au-dessus du zéro de l'échelle de Roberval jusqu'aux cotes 22, 22,5 et 25, selon la topographie du terrain. Des espaces de trente mètres par trente mètres approximativement sont loués à des employés de la compagnie ou à des simples particuliers.

Une rivière chimique

La rivière Ticouapé est un des tributaires du lac Saint-Jean les plus chargés en azote et phosphore, produits des nombreuses activités agricoles de son bassin. Saint-Méthode, dont les maisons s'échelonnent le long des berges de la rivière, fut inondé et complètement évacué il y a 50 ans lorsque l'Alcan construisit ses installations hydro-électriques, rehaussant ainsi le niveau du lac.



Selon M. Stanislas Jean, conseiller en immeubles à l'Alcan, le bail précise bien qu'il ne peut y avoir sur ces emplacements que des chalets «à des fins de camp d'été et que toute exploitation commerciale est bannie». Les baux sont signés chaque année et la location s'élève, pour les douze mois, à 35 dollars, somme qui devrait être montée à 50 dollars cette année.

Le problème de ces chalets, qui parfois ressemblent à de véritables maisons, c'est qu'ils sont équipés d'installations sanitaires inadéquates... quand ils en ont. Bien souvent les déversements se font directement dans le lac, et nulle part dans le bail on ne trouve de clause obligeant le locataire à s'équiper, que ce soit d'un puisard ou d'une fosse sceptique. Certaines municipalités commencent à se soucier de cette question et Saint-Gédéon a même passé un règlement contraignant.

Papier gras et érosion

Les plages, une autre propriété Alcan, sont louées à des paroisses ou à des comités de loisirs paroissiaux. Sur certaines, la compagnie se garde des droits de baignade que ce soit pour son personnel de direction, ses contremaîtres ou son personnel de laboratoire. Qu'elles soient louées à des particuliers ou à des paroisses, ces plages deviennent des lieux publics de baignade et souvent de camping. Cette dernière activité, quand elle est mal gérée, devient vite une

source de pollution souligne M. Mario Tremblay des Services de protection de l'environnement à Jonquière. Le locataire d'un terrain qui donne sur une plage, ne pouvant exploiter de commerce, va exiger discrètement un droit de passage sur le terrain et tolérer le camping. Les papiers gras, les cannettes en métal, les matières fécales viennent alors souiller les rives du lac et ses eaux.

Peu ou pratiquement pas de plaintes, précise Mario Tremblay, mais il faut dire qu'avec un bon millier d'emplacements loués autour du lac, chacun est chez soi... ou de passage sur une plage. Qui porterait plainte, puisque chacun est responsable, locataire qui pollue, Alcan qui n'exige pas la propreté, et baigneur anonyme? Comme ce n'est qu'à la suite de plaintes que des enquêtes bactériologiques sont menées, on ne connaît donc à peu près rien de la qualité réelle des plages, si ce n'est que certains rares prélèvements effectués par des inspecteurs d'hygiène publique montrent la présence de coliformes. Aucune plage n'a été fermée au lac Saint-Jean, mais Jacques Michaud, des SPEQ, estime que certains signes de contamination sont assez inquiétants pour nécessiter une enquête approfondie.

Un autre danger guette les rives du lac: l'érosion. Les vents, les tempêtes et de petites vagues courtes grugent tranquillement les berges, depuis que l'Alcan maintient le niveau des eaux plus élevé qu'avant. Devant l'inquiétude de ses locataires, l'Alcan a entrepris depuis une bonne dizaine d'années un programme de stabilisation des berges. La méthode la plus efficace semble être celle des perrés, ou enrochements. Environ cinq kilomètres auraient déjà été protégés grâce à ces entassements de grosses roches. Mais l'ennui, c'est que cette méthode coûte cher. D'autre part, des riverains se plaignent du fait que le caillou est nettement moins agréable que le sable sur une plage...

C'est donc le traditionnel dragage qui a la faveur de l'Alcan. La drague s'en va chercher le sable sous l'eau à quelques dizaines de mètres du rivage pour le remonter sur la plage. C'est simple, moins coûteux au départ, mais à recommencer tous les trois ou quatre ans... De plus, des pêcheurs marmonnent que ces travaux viennent déranger la productivité et éloigner certaines espèces de poissons. Du coup, l'Alcan a mis 25 000 dollars dans l'affaire et des professeurs de l'Université du Québec à Chicoutimi, dont Denis Larrivée, s'emploient à vérifier si le benthos et notamment le zoobenthos, c'est-à-dire les petits organismes animaux et autres larves d'insectes, se trouvent perturbés.

Pour Denis Larrivée, du Groupe de recherche en productivité biologique de l'UQAC, le fait de remuer le fond du lac peut changer la productivité à long terme, même si dans un premier temps une augmentation bénéfique de la producti-



Un danger latent

Si la Chamouchouane n'avait pas la particularité d'accueillir plus des trois quarts des géniteurs en route vers leurs frayères en amont de l'usine de la Donohue, le problème de la survie de ce saumon d'eau douce réputé fragile ne prendrait pas les dimensions qu'il risque d'atteindre. Des études sont en cours afin de mieux évaluer les cycles vitaux de la ouananiche.

vitité était notée. Comme aucun dragage n'a été effectué l'an dernier, puisqu'un conflit de travail immobilisait la compagnie Alcan, des prélèvements ont pu se faire en période calme et avant dragage. Il faudra attendre l'année ou les deux années qui viennent pour savoir à quoi s'en tenir, mais les premiers indices recueillis par Denis Larrivée ne paraissent pas laisser présager une catastrophe écologique.

Quoi qu'il en soit, les rives du lac Saint-Jean donnent quelques maux de tête aux administrateurs de l'Alcan qui doivent surveiller leur propriété, l'entretenir tant bien que mal à raison de 100 000 à 200 000 dollars par an ces dernières années, selon les chiffres de M. Stanislas Jean, régler les chicanes de voisins, ou surveiller qui municipalités qui auraient des velléités de monter les taxes pour les terrains de la compagnie qui sont sur leur territoire... Dans ces conditions, les rumeurs à l'effet que l'Alcan pourrait se décider à vendre ses terrains sur les rives ne sont peut-être pas sans fondements. Quitte à être encore plus prudent quand il s'agit de jouer avec le niveau du lac lorsque les besoins des turbines l'exigent.

Lesage avait promis l'usine

Protéger le lac Saint-Jean, pour les Services de protection de l'environnement, c'est également veiller à la bonne santé des poissons qui vivent dans ses eaux. Et voilà qu'un nouveau cas délicat se présente justement avec l'arrivée de l'usine de pâte Kraft de Saint-Félicien.

Promise par Lesage il y a dix ans, cette nouvelle industrie est la propriété de Donohue Saint-Félicien Inc., compagnie

formée à 40 pour cent par British Columbia Forest Products et à 60 pour cent par Donohue Québec, cette dernière étant contrôlée à 55 pour cent par la Société générale de financement qui avait racheté, à la famille Donohue son usine de Clermont, près de La Malbaie. Les autres parts de Donohue Québec sont entre les mains d'une compagnie française, Celulose du Pin (34 pour cent), elle-même filiale d'un géant de l'industrie, Saint-Gobain-Pont-à-Mousson, et sous la forme d'actions dans le public (11 pour cent environ).

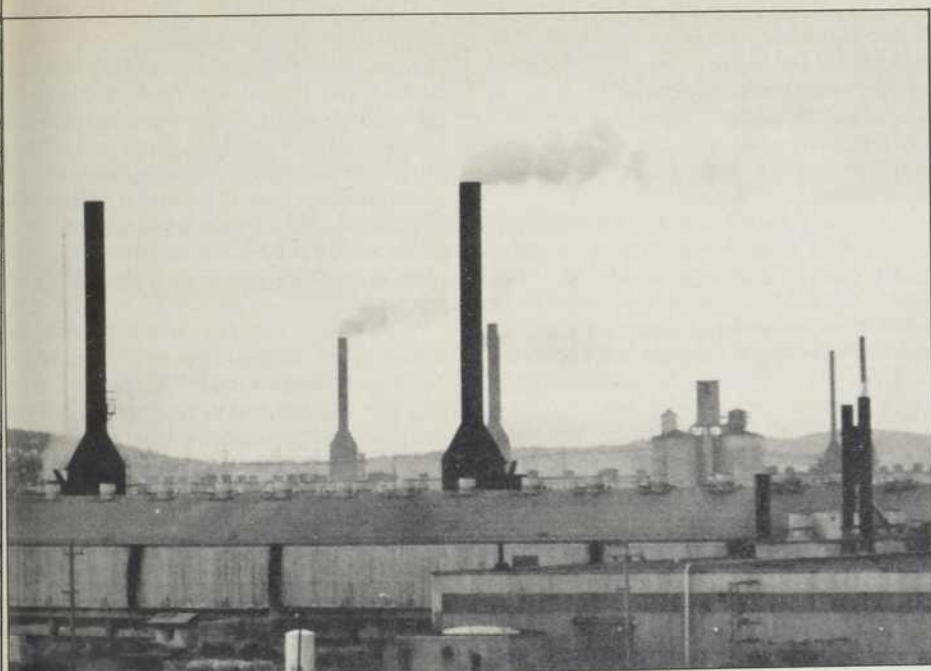
Un tel amalgame de compagnies impliquées a peut-être de quoi rassurer les écologistes: les Français, peu riches en eau, ne sont pas portés à la gaspiller, les gens de Colombie-Britannique ont réalisé chez eux des usines nettement plus propres que la moyenne, la présence d'une société d'État accentue la notion de responsabilité publique face à d'éventuels dommages causés à l'environnement et à la population.

Car, traditionnellement, une usine de pâtes et papiers a un gros impact sur l'environnement. Il y a d'abord les coupes de bois, puis le flottage qui sont les principaux responsables de la perte de qualité des lacs et des rivières. Ensuite, l'usine elle-même utilise un volume d'eau énorme pour ses activités: dissolution chimique du bois pour obtenir les fibres et fabriquer la pâte par cuisson, lavage de cette pâte en plusieurs phases, en particulier. Prises dans une rivière qui doit avoir un gros débit pour pouvoir fournir même en période d'étiage, les eaux sont rejetées généralement en aval de l'usine avec tous les produits, toxiques ou non, qu'elles ont ramassés pendant les opérations à l'intérieur de l'usine.

On boira un verre d'eau usée

À Saint-Félicien, ou plus exactement à dix kilomètres en amont de Saint-Félicien, sur la rive gauche de la Chamouchouane, l'usine procédera avec la méthode sulfate, l'une des moins polluantes à l'heure actuelle. Le chlore-alkali sera utilisé pour blanchir la pâte, mais il ne sera pas fait sur place comme c'est le cas à Lebel-sur-Quévillon. Il n'y aura donc pas de mercure à Saint-Félicien, si ce n'est en presences infimes dans le chlore-alkali, presences considérées généralement comme négligeables. Pas de flottage en amont sur la Chamouchouane et le bois qui alimentera l'usine arrivera par camion, sous forme de copeaux provenant de trois scieries rachetées par Donohue.

D'autre part, précise M. Jean Barusaud, directeur technique de la future usine qui devrait commencer ses opérations en 1978, des mesures efficaces ont été prises pour réduire les sources de pollution. La cuisson et le lavage se feront en circuit fermé ce qui réduira au minimum les pertes de sulfate, la liqueur blanche mélangée avec le bois dans le lessiveur. Pour fabriquer une tonne de



Gros employeur, gros pollueur

Le plus gros employeur du Saguenay-Lac Saint-Jean est sans conteste le plus gros pollueur de la région. L'Alcan porte une lourde responsabilité au niveau de la qualité des airs et des eaux de la région.

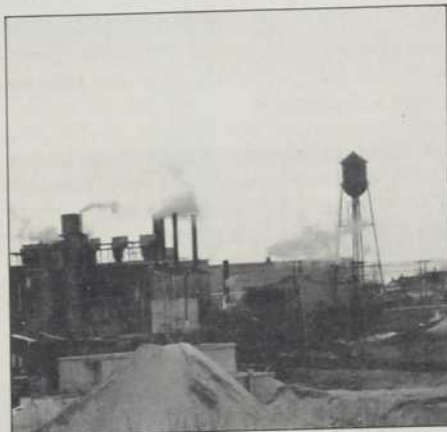
pâte, une demi-tonne de sulfate sera nécessaire, mais seulement 30 kilogrammes ne pourront être récupérés et s'en iront dans la liqueur noire, qui sera rejetée.

Les égouts seront séparés, de façon à traiter chaque rejet selon sa nature, avant qu'il ne rejoigne une série de bassin de décantation, de sédimentation, d'aération. Ce dernier bassin fonctionnera avec une série de 24 aérateurs flottants qui aspireront l'eau pour la faire retomber en fines gouttelettes à la surface de l'étang, lui permettant ainsi de se réoxygéner avant d'être rejetée dans la rivière. Les matières décantées seront séchées puis emportées par camion, à raison d'une trentaine de tonnes par jour, pour être déposées dans un site qui sera aménagé de manière à laisser l'environnement intact.

Tous les gaz et fumées émis seront traités, lavés, ou précipités de façon électro-statique de manière à réduire au mieux les émissions de particules, les fumées nauséabondes. Distant de dix kilomètres, la ville de Saint-Félicien ne devrait pas être affectée même si elle se trouve dans l'axe des vents dominants du nord-ouest. Bref, les plans, les calculs et les prévisions semblent offrir le maximum de sécurité grâce à des techniques qui ont déjà été éprouvées en Colombie-Britannique. Un poste de contrôle sera situé à la sortie des eaux usées, et M. Barussaud a parié qu'il y boirait un verre de ces eaux. Parfait, mais attention, M. Barussaud n'a rien à voir avec une ouananiche, puisque c'est d'un poisson qu'il s'agit.

La sensible ouananiche

Les Services de protection de l'environnement ne contestent pas les efforts de la Donohue et reconnaissent volontiers que les normes fédérales, sont respectées. Les difficultés surgissent quand on parle de poisson. La norme, la «toxicité légal», dit qu'il ne doit pas y avoir plus de 50 pour cent de mortalité dans 100 pour cent d'effluent après quatre jours. Si la Chamouchouane n'avait pas la particularité d'accueillir plus des trois quarts des géniteurs de la ouananiche en route vers leurs frayères en amont de l'usine, le problème ne prendrait pas les dimensions qu'il risque d'atteindre. Pour les SPEQ, il y a une nette différence entre une norme bâtie en laboratoire avec de la truite, et les réalités d'un site unique où le poisson impliqué est un salmonidé réputé fragile.



À l'eau, les déchets

L'usine de la Saint-Raymond Paper à Desbiens déverse tranquillement ses déchets dans la rivière Métabetchouane, à quelques dizaines de mètres du lac.

Jusqu'à ces dernières années on connaissait peu de choses sur la ouananiche, *Salmo salar*, un saumon d'eau douce de la même espèce que le saumon de l'Atlantique. Les rares études effectuées autrefois prennent heureusement un éclairage nouveau grâce aux travaux d'un biologiste du ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, M. René Lesage qui, depuis quelques années, s'emploie à étudier les dynamiques de la population de la ouananiche.

Des études menées sur les rivières à frai, aux passes migratoires, et des opérations menées avec la collaboration de plusieurs centaines de pêcheurs sportifs ont permis à René Lesage de mieux évaluer les cycles vitaux de la ouananiche. De précieuses informations ont notamment été recueillies sur le stage potamique, en rivière, lorsque les géniteurs, après avoir quitté le lac vers la fin de l'été remontent les rivières pour aller se reproduire dans les frayères, parfois loin en amont, jusqu'à 80 kilomètres dans le cas de la Chamouchouane, de loin la meilleure rivière.

Les rivières Mistassini, Péribonka, Métabetchouane, la Grande Décharge ont déjà offert de beaux sites pour la reproduction de la ouananiche. Mais leur importance a nettement baissé ou est devenue nulle pour diverses raisons qui tiennent à l'installation de barrages et d'usines de pâtes et papiers, de sorte que la Chamouchouane, qui n'a encore connu aucune atteinte majeure, accueille au moins 80 pour cent des géniteurs, qui retrouvent leurs sites grâce aux odeurs. Sensible à la chaleur, la ouananiche l'est également à la couleur de l'eau.

Chaleur, couleur et odeur, ces trois éléments risquent d'être affectés par les émissions de l'usine qui pourraient former un véritable barrage, décourageant le poisson de remonter la rivière, souligne René Lesage. Il y aura peut-être modifications, rétorque la Donohue, mais dans de faibles proportions qui n'affecteront pas la ouananiche. Et la compagnie appuie son affirmation sur une étude d'impact confidentielle réalisée pour son compte par la firme Beak de Toronto, filiale de Sandwell, compagnie de Colombie-Britannique... qui a le contrat d'ingénierie de l'usine de Saint-Félicien. Selon Beak, affirme M. Barussaud, l'augmentation de température des eaux de la rivière ne dépasserait pas un demi-degré Celsius, même si les émissions de l'usine sortent à une température voisine des 32 degrés. La couleur ne serait augmentée que faiblement. Quant aux odeurs, il n'est pas possible de savoir ce qu'en pense Beak.

Une complexité difficile à reproduire

Une des conclusions les plus surprenantes de Beak serait que la ouananiche est en voie d'extinction, conclusion fondée sur certains chiffres prélevés dans les études de René Lesage. Ce dernier est en

complet désaccord avec ces prédictions, parlant de manipulation grossière de données très partielles sorties de leur contexte en plus. Bien au contraire, l'ensemble des travaux de René Lesage, tend à prouver que la réduction apparente de la ouananiche certaines années est un phénomène cyclique dû à des questions d'équilibre entre le nombre de tacons, les jeunes ouananiches, présents durant deux à trois ans dans les rivières et l'arrivée de nouveaux géniteurs. Le nombre de prises dans le lac et les rivières, entre 20 000 et 40 000 suivant les estimations, peut parfois être en baisse, mais il s'agirait d'un phénomène cyclique dû à la dynamique de vie du poisson.

Quant aux bio-essais, des simulations en laboratoire qu'aurait réalisé Beak avec de la ouananiche, des spécialistes affirment qu'il est douteux qu'ils puissent reproduire fidèlement les conditions propres à la Chamouchouane, milieu très sensible, avec son débit, sa température, les odeurs et couleurs, les émissions réelles de l'usine... et les fluctuations de tous ces éléments. Ils peuvent, tout au plus, servir à vérifier si la norme de mortalité d'Environnement Canada est respectée.

Or, compte tenu de la sensibilité de la ouananiche à certaines conditions, il semble que le sort de ce poisson peut se jouer sur des «détails». Par exemple, la température moyenne de la Chamouchouane lors de la période de remontée est de 21,3 degrés Celsius, ce qui est déjà très élevé pour la ouananiche. Il peut suffire — mais est-il possible de s'en assurer en laboratoire ou par des calculs théoriques? — d'une augmentation très légère pour compromettre la migration. De plus, cette chaleur déjà élevée peut avoir tendance à rendre plus actifs, et éventuellement nocifs, des produits émis par l'usine, et qui dans d'autres conditions seraient tolérables.

Les Services de protection de l'environnement, de leur côté, suivent la situation de très près et ont également réalisé une étude qui met l'accent sur la préservation de la ouananiche. Coordonnée par Claudette Dupont et confidentielle pour le moment, cette étude serait loin d'arriver aux conclusions de celle de Beak et démontrerait plutôt qu'il existe un risque certain, bien que difficilement mesurable. Pour les SPEQ, toutes les alternatives de déversement doivent être envisagées par la compagnie afin de trouver la meilleure solution. Et cela peut impliquer l'hypothèse de déverser ailleurs qu'à l'endroit prévu.

D'ailleurs, des représentants de la Donohue Saint-Félicien, de Beak, d'Environnement Canada, des SPEQ et du ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, se réunissent en comité depuis quelque temps afin d'examiner ces alternatives, qui seraient au nombre de quatre. À la suite d'études et éventuellement d'essais sur les lieux mêmes, une

recommandation sera faite par le comité, à l'intention du directeur des SPEQ. Si l'harmonie n'a pas toujours régné, notamment entre les études de Beak et des SPEQ, des efforts semblent donc être faits maintenant afin de trouver une solution qui ne mettra pas en péril la ouananiche.

«Le choix du site a été une décision politique et nous n'avons pas eu d'autre choix que de l'approuver, dit M. Yves Pagé, directeur de la division de la connaissance et de la qualité du milieu aux SPEQ. Mais l'usine a besoin du certificat des SPEQ si elle veut commencer à fonctionner...»

Connaître plus pour protéger mieux

Pour protéger le lac Saint-Jean, les habitants de ses rives et de ses eaux, des études seront menées afin de bien connaître le fonctionnement du lac et de ses tributaires, et les dangers qui les guettent.

L'Institut national de la recherche scientifique est déjà très engagé dans ce processus et compte bien continuer, sur un plan assez fondamental, afin de pouvoir appliquer les connaissances recueillies aux autres lacs du Bouclier canadien. De plus en plus, l'homme se dirige vers le Nord et la mise au point de méthodes d'étude des lacs près desquels il s'établira est nécessaire pour la protection des eaux. L'INRS-Eau continue à suivre le comportement du lac par télé-détection. Le satellite Landsat capte et enregistre la réflectance de la lumière, par balayage, dans quatre bandes spectrales. Des photos des mouvements du lac sont ainsi constituées, à partir des données, qui sont enregistrées sur bande magnétique au sol. Cette technique permet d'obtenir un grand nombre d'informations à des coûts beaucoup moins élevés que ceux qui sont nécessaires pour envoyer des équipes en bateau effectuer des centaines de prélèvements... quand le lac n'est pas trop agité.

Pour leur part, les SPEQ désirent entamer dès cette année plusieurs études qui permettraient d'avoir une idée globale des risques que courent les eaux et l'environnement en général. Il s'agirait, explique Jacques Michaud, de réaliser dans un premier temps un inventaire bactériologique des plages et du programme de détection des métaux lourds dans les poissons, et peut-être dans les sédiments. Ces recherches devraient être effectuées dans presque tout le bassin du Saguenay-Lac Saint-Jean.

La suite logique serait un plan de dépollution et la mise en place de mécanismes de contrôle. M. Jacques Brassard, député du Lac Saint-Jean, adhère au principe de cette démarche, insistant sur la nécessité d'avoir le bulletin de santé le plus complet possible. Il serait ensuite possible d'enrayer la pollution industrielle et celle des eaux usées urbaines. M. Brassard proposant la confection d'un plan d'aménagement de l'épuration de ces eaux.

Les SPEQ ont fait une demande de subvention auprès des ententes fédérales-provinciales qui s'appliquent à la région. La réponse, qui devrait être positive, se fait attendre car, depuis le 15 novembre 1976, toutes les ententes Québec-Ottawa sont gelées pour être passées au crible. En attendant, Jacques Michaud voit ses chances de commencer les études dès cet été fondre comme neige au printemps.

Pour en lire plus

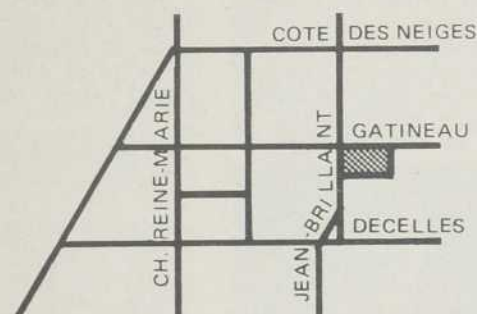
Pierre-Yves Pépin, *Le royaume du Saguenay en 1968*, Imprimeur de la Reine, Ottawa, 1969

PAPETERIE JACQUES

PROBLÈME D'APPROVISIONNEMENT?

NOUS VOUS OFFRONS:

- ARTICLES ET AMEUBLEMENT POUR VOTRE BUREAU
- PAPETERIE SCOLAIRE ET DE COMPTABILITÉ
- GRAND CHOIX DE STYLOS ENCRE
- MATÉRIEL POUR DESSINATEUR ET ARTISTE
- RÉPARATION DE VOTRE DACTYLOGRAPHIE
- SERVICE RAPIDE DE PHOTOCOPIE



5301 avenue Gatineau (X Jean-Brillant)

MONTREAL

737-3659

CARON

LIBRAIRE

CARTES TOPOGRAPHIQUES PAR LA POSTE

Vous mentionnez seulement le nom d'un lac, d'un village ou autre point géographique et nous vous ferons parvenir la carte détaillée (1:50,000) correspondant à la région qui vous intéresse.

Inclure \$1.75 avec votre commande
(carte: \$1.50, frais d'envoi 0.25)

AGENT OFFICIEL DU GOUVERNEMENT
CARTES DE TOUTES LES RÉGIONS EN MAGASIN.

251 Ste-Catherine E
Montréal
H2X1L5

SACCHARINE

LES AMÉRICAINS CHOISISSENT LE CANCER

Il existe une recette infallible pour jouer un bon tour aux Américains. Prenez un des 2 500 additifs chimiques ajoutés à leurs aliments; pas un de ceux que l'on ne retrouve que dans quelques produits, mais une de ces substances de synthèse que nos voisins consomment au rythme de 2 000 tonnes par année. Faites-en jusqu'à 7 pour cent de la ration alimentaire d'une centaine de rats, puis de leurs descendants. Vous trouverez peut-être qu'une tumeur cancéreuse de la vessie se développe chez 14 pour cent des rats de la deuxième génération. Dans ce cas, une loi américaine oblige le gouvernement à retirer ce produit du marché. La loi, appelée amendement Delaney, interdit tout simplement l'utilisation dans les aliments de composés chimiques pouvant provoquer le cancer chez l'homme ou l'animal.

Ce bon tour, la Direction générale de la protection de la santé du Canada vient de le jouer aux Américains. Du moins, est-ce ainsi que nos voisins ont perçu les résultats obtenus par les Canadiens avec la saccharine, un succédané du sucre utilisé dans des centaines de produits, du dentifrice aux antibiotiques en passant par les boissons gazeuses dites diététiques.

Bien entendu, l'intention canadienne n'avait rien de méchant. Jusqu'à ce jour, on avait fait une quarantaine de tests pour déterminer si la saccharine était cancérigène ou non. L'une des difficultés d'interprétation des résultats tenait à la contamination de la saccharine par une impureté, l'ortho-toluène-sulfonamide, ou OTS. Non seulement plusieurs tests se terminaient sans que l'on constate un effet cancérigène quelconque, mais lorsque tel était le cas, on pouvait toujours rejeter le blâme sur l'OTS. Or, depuis quelques années, on fabrique une saccharine exempte d'OTS grâce à un nouveau procédé. La DGPS canadienne a voulu en avoir le cœur net et a décidé d'alimenter des rats avec la saccharine pure, puis d'autres avec de l'OTS.

Depuis plus de trois ans que dure l'expérience, on aurait pu penser que les rats nourris avec une substance au nom aussi rébarbatif que «ortho-toluène-sulfonamide» seraient les premiers à souffrir de cancer. Mais

non. Seuls les rats nourris à la saccharine pure ont été atteints de cancer de la vessie: trois mâles de la première génération et huit mâles et deux femelles nés de mères ayant ingéré comme eux une dose quotidienne de 2 500 milligrammes de saccharine par kilogramme de poids corporel.

Les autorités canadiennes crurent bon d'avertir immédiatement leurs confrères du Sud. Après tout, le Congrès américain avait sans doute adopté l'amendement Delaney pour protéger la santé des citoyens. Sans hésiter, les autorités américaines, imitant le gouvernement canadien, indiquèrent leur intention d'interdire l'utilisation de la saccharine dans les boissons diététiques à partir du premier juillet et dans tous les aliments à partir du premier novembre.

Pourtant, loin de remercier les scientifiques canadiens, les citoyens américains ont très mal pris cette immixtion dans leurs habitudes alimentaires. Depuis l'annonce de l'interdiction, l'Administration américaine des aliments et drogues reçoit des centaines de lettres par jour l'exhortant à revenir sur sa décision. De nombreux médecins et hommes politiques américains ont ridiculisé les tests canadiens, effectués pourtant selon des procédures reconnues. Il est vrai que l'impact de l'expérience canadienne se trouve amplifié aux États-Unis où la loi ne prévoit pas d'exception pour les diabétiques, par exemple, pour qui le faible taux de calories de la saccharine semble surpasser les désavantages, en attendant la mise en marché d'un succédané non cancérigène. Au Canada, les diabétiques pourront quand même continuer à acheter de la saccharine dans les pharmacies (sorte de supermarchés), même après l'interdiction du 1er juillet.

La levée de boucliers contre l'interdiction de la saccharine devrait rassurer ceux qui craignent une surnoise mainmise de la science sur la conduite de la société. Tout indique que l'amendement Delaney sera rappelé. Et les gouvernements continueront à dépenser des millions pour déterminer si telle substance est cancérigène ou non — car cela en vaut la peine. En effet, il est faux de croire que n'importe quelle substance ingérée en quantité suffisante

finira par provoquer le cancer. Il y a une infinité de substances non cancérogènes... comme l'ortho-toluènesulfonamide. Mais les gens tiennent à leur saccharine et à leur cigarette. Ce n'est pas demain que les lois de la science seront automatiquement traduites en lois régissant notre vie. Mais après tout, il est sans doute préférable qu'il en soit ainsi. (J.-M.F.)

DROIT MARITIME

ENCORE UNE CONFÉRENCE À L'EAU

La Conférence internationale sur le droit de la mer est réunie à nouveau, à New York cette fois-ci. Elle doit s'ajourner le 15 juillet, très probablement pour remettre à l'année suivante le soin d'en venir à une difficile entente en vue de réaliser le mandat que lui a confié l'ONU en 1958: la rédaction d'un véritable code des océans.

C'est une assemblée à l'échelle planétaire: plus de 5 000 délégués représentant tous les pays du monde doivent tenter de mettre au point un traité sur l'utilisation des océans qui pourrait avoir une influence considérable sur l'avenir de l'humanité. L'enjeu est tout simplement celui de l'existence même de la planète.

Les précédentes conférences ont réussi à déboucher sur la rédaction d'un volumineux rapport contenant quelque 400 articles qui définissent ce que pourrait être, dans ses grandes lignes, le nouveau code maritime. Il fixe la limite des eaux territoriales à douze milles marins, soit l'équivalent de 22,2 kilomètres, prévoit l'instauration de zones côtières de deux cents milles sur lesquelles les pays riverains auront des droits spéciaux pour la pêche et l'exploitation des ressources minérales. Une multitude d'autres sujets, allant de la prévention de la pollution des mers à l'exploitation des fonds marins, sont inscrits à l'ordre du jour et provoquent de profonds désaccords, parfois diplomatiques, entre les pays du Tiers-Monde et les grandes puissances industrielles.

Il n'existe, pour le moment, aucun ordre juridique dans le domaine des océans, et c'est donc l'anarchie internationale

qui règne. Ainsi, la limite officielle des eaux territoriales est toujours de trois milles, distance fixée au 17^{ième} siècle et qui correspondait à la portée d'un boulet de canon. Lassés d'attendre un problématique code maritime, de nombreux pays ont cependant porté cette limite à 12,50 ou même 200 milles dans certains cas. Dès janvier 1977, le Canada décrétait «zone de pêche» ou «zone commerciale» tout le territoire sous-marin situé jusqu'à 200 milles de ses côtes, voulant ainsi protéger une industrie de pêche de près d'un demi-milliard de dollars et procurant de l'emploi à 80 000 personnes. Cette mesure protégeait du même coup les ressources en hydrocarbures, surtout au large de Terre-Neuve, et donnait un droit de contrôle sur l'Arctique.

La création de zones économiques, de zones de pêche ou de zones patrimoniales rencontre la quasi-unanimité des délégués, notamment ceux d'Amérique latine et d'Afrique qui veulent exploiter à leur bénéfice des ressources biologiques ou minérales. Le pétrole Offshore n'est exploitable pour le moment qu'à des profondeurs inférieures à 700 mètres, donc bien en deçà des 200 milles.

Les grandes puissances militaires dressent cependant l'oreille et, tout en déclarant une zone économique de 200 milles comme les États-Unis en mars 1977, insistent sur le droit de libre passage, notamment dans les détroits. La reconnaissance de ce principe obligerait les sous-marins à franchir les détroits en surface, leur ôtant de ce fait un atout stratégique majeur.

Le principe énoncé par les Nations-Unies en 1958 et qui a fait l'objet d'une déclaration solennelle de son assemblée générale en 1970 stipule que les fonds marins situés au-delà de la juridiction nationale constituent le «patrimoine commun de l'humanité». Belle et noble déclaration, mais qui donc va exploiter ce patrimoine commun dont on commence à peine à soupçonner les immenses richesses? Il est évident que ce sera ceux qui en ont techniquement les moyens. Et c'est là que le bât blesse.

La question de la fixation des eaux territoriales et des zones économiques risque de se résoudre au gré de décisions unilatérales de pays qui se verront obligés de s'entendre entre eux malgré tout. Mais la question qui prête le plus à controverses est celle de l'exploitation des ressources minières du fond des océans.

L'étendue et le montant de ces richesses dépassent l'imagination et selon les experts qui participent à la conférence, cette question sera déterminante pour la vie économique mondiale de la fin du vingtième siècle. Il s'agit de nodules de manganèse ou polymétalliques, sortes de boulets ovoïdes qui ressemblent à s'y méprendre à des pommes de terre cuites au four. Elles constituent la dernière grande ressource minière quasi-vierge du globe terrestre. Ce sont des conglomérats oxydés de manganèse, de cobalt, de nickel, de cuivre, de zinc et de plomb.

On en a trouvé en densité variable au fond du Pacifique et dans certaines parties de l'Atlantique, mais il se pourrait qu'il y en ait au fond de tous les océans. De l'avis des experts, il y aurait, par exemple, assez de manganèse pour 400 000 ans, au rythme de consommation actuel. De plus, ces nodules se reproduisent à la cadence de dix millions de tonnes par an, reproduction provoquée par éruptions volcaniques sous-marines. Ce phénomène a été mis en évidence lors de l'opération FAMOUS en 1975. Le plus gros gisement découvert jusqu'ici est au large d'Hawaï et il permettrait aux États-Unis de s'autosuffire en manganèse, importé en quasi-totalité pour le moment.

La découverte de ces minerais, dont les estimations sont timides, a littéralement attiré des pays en voie de développement comme le Gabon ou le Zaïre qui ne comptent que sur leurs richesses minérales pour vivre. Le Canada se trouve touché lui aussi et Washington a même délégué récemment un envoyé spécial à Ottawa pour rassurer les Canadiens que l'exploitation des nodules d'Hawaï sera limitée.

La conférence peut se diviser en trois groupes hostiles qui n'ont d'autre choix que de s'entendre sur des compromis si l'on ne veut pas que le partage des océans ressemble à celui que les grandes puissances ont fait avec l'Afrique. D'un côté, les pays «conservateurs» industrialisés comme les États-Unis et l'URSS, et à un moindre niveau le Japon et la France, ont déjà investi des centaines de millions de dollars pour le ramassage des nodules, opération payante puisque le retour des investissements est de 12 à 20 pour cent. D'un autre côté, il y a les pays qui ont des minerais terrestres et ne savent plus à quel saint se vouer et enfin ceux qui n'ont rien et voudraient une part du gâteau sous-marin.

Une idée a commencé à se faire jour lors des précédentes conférences: la création d'un organisme international chargé d'accorder des permis ou d'établir des cahiers de charges pour les entreprises nationales ou multinationales. Cette organisation pourrait imposer aux exploitants des redevances, certains parlent de 5 pour cent, qui seraient réparties entre les pays dans le besoin. Mais les compagnies géantes américaines, qui ont déjà investi des sommes astronomiques dans le domaine de la technologie des grands fonds, sont naturellement hostiles à cette solution, de même que l'URSS qui brandit son droit du pavillon.

Tant et si bien que ces deux super-puissances ont été accusées de collusion. On est en droit de se demander si, de l'aveu même des experts, le



fameux *Glomar Explorer* a été réellement construit uniquement pour récupérer un sous-marin soviétique ou plutôt pour une mission d'un intérêt gigantesque comme le ramassage des nodules qui assurerait la parfaite autonomie des États-Unis. On peut se demander aussi pourquoi la France s'acharne à effectuer des essais nucléaires dans l'archipel de Tahiti où se trouvent, comme par hasard, d'importants gisements de nodules.

Il est probable que la conférence se terminera en queue de poisson et devra s'ajourner à une autre date malgré quelques petits pas vers un code maritime que tout le monde réclame, en essayant déjà de s'y soustraire. (R.G.)

AÉRONAUTIQUE

QUAND
LES SOVIÉTIQUES S'EXPOSENT

Pour la première fois, en février dernier, un cosmonaute russe atterrissait au Canada... à l'aéroport de Vancouver. Il s'agissait du colonel Vitali Jolobov, ingénieur de bord, qui avait accompagné Boris Volynov lors d'un séjour de 48 jours à bord de la station orbitale Saliout 5, en juillet 1976.

Le colonel Jolobov venait inaugurer la plus grande exposition de matériel spatial soviétique qu'on ait jamais tenue en dehors du bloc soviétique. Kosmos 77 avait pour thème «l'espace au service de la paix et du progrès». Pas moins de vingt et une maquettes grandeur nature s'y trouvaient offertes à la curiosité du public dans les vastes halls du Musée du Centenaire et du Planétarium, à Vancouver.

On y trouvait, entre autres, le Spoutnik I, dont on fête le vingtième anniversaire cette année, et le Vostok I à bord duquel Youri Gagarine inaugura l'ère du voyage spatial habité, en 1961.

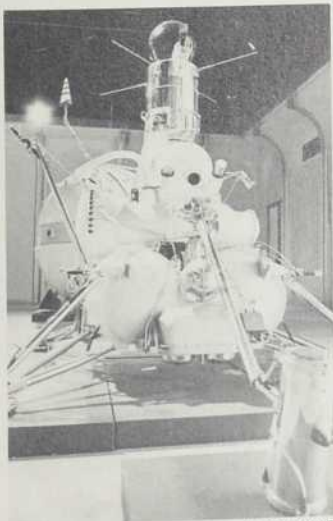
Dans un des halls, une reproduction de l'arrimage des véhicules spatiaux Soyouz 4 et 5 mettait en valeur leur taille impressionnante. Le Lunokhod ne cessait d'intriguer la foule par sa bizarre silhouette de coléoptère, ses huit roues motrices, ses antennes et ses pinces... On pouvait aussi observer des sondes de type Luna, Vénus, Zond, Mars, Électron, Molnia, et d'autres.

D'après les organisateurs de l'exposition, certaines des maquettes auraient servi de prototypes lors de la mise au point en laboratoire du détail des sondes véritables. Dans le stationnement du Planétarium, ces colis étranges contenaient un satellite Molnia et un bloc propulseur qui auraient été ou trop gros, ou trop lourds pour qu'on les installe dans le musée.

L'exhibé le plus populaire a sans contredit été la maquette d'une rampe de lancement typique de celles qu'utilisent les Soviétiques. On y faisait un mini «son et lumière» sur les préparatifs d'un lancement. D'abord, un train sortait une fusée du hangar, où elle avait été assemblée en position horizontale. On basculait ensuite la fusée en position verticale, puis on l'orientait et l'inclinait. Après avoir rempli ses réservoirs, on lui amenait son équipage et, soudain, dans un vacarme

infernale d'air comprimé, la fusée commençait son vol. Ce compte à rebours différait à maints points de vue de ceux auxquels la NASA nous a habitués et n'a pas cessé un instant de fasciner la foule des visiteurs.

En marge de ces exhibits, on a présenté plusieurs films sur le Lunokhod et sur le vol Apollo-Soyouz ainsi qu'un autre, d'excellente qualité, qui relatait la vie et les aventures d'un pilote d'essai russe, et sa mort lors d'un écrasement. Un autre film portait sur l'exploration de Mars par les Soviétiques. Les techniques d'animation utilisées n'allaient pas sans rappeler un peu «2001 Odyssée de l'espace» par leur réalisme saisissant et



MATT KING

Le premier explorateur
de la Lune

Luna 16, qui a atterri en septembre 1970, a fourni les premiers échantillons de la surface lunaire. Juché sur le sommet de la sonde, la sphère noire qui a ramené les échantillons à travers l'atmosphère terrestre.

une touche de métaphysique (le vaisseau de Magellan en gracieux voltige au-dessus du relief orange de Mars).

La plupart des satellites exposés à Kosmos 77 ont été conçus pour des missions scientifiques comme l'étude de Mars, de Vénus, de la Lune. Cependant les porte-parole soviétiques ont voulu attirer l'attention sur deux autres aspects de leur programme spatial: la recherche de retombées économiques et la coopération internationale.

Dans cette optique, mentionnons les satellites de communications Molnia aux orbites très

excentriques... Ces satellites sont en effet doués d'une période de douze heures par orbite, mais n'en passe pas moins de huit au-dessus du territoire de l'URSS. Plus d'une dizaine ont été mis en orbite depuis 1965. À ceux-ci s'ajoutent les Orbita qui se spécialisent dans la retransmission des programmes télévisés aux quatre coins du vaste territoire soviétique. D'autre part, les satellites de la série Météor servent à la prise de données météorologiques.

Les pays du bloc socialiste ont accès aux circuits de télécommunications et aux informations météorologiques des satellites soviétiques. Une entente signée entre ces pays en 1965 inaugurait le programme Intercosmos visant à promouvoir la coopération internationale dans l'utilisation de l'espace. C'est dans ce cadre que la télédétection soviétique des ressources naturelles a véritablement pris son essor en septembre 1976: Soyouz 22 a emporté en orbite une caméra fabriquée par Carl Zeiss Iéna (République démocratique allemande) qui a servi à prendre 2 400 clichés à très haute résolution sur six bandes spectrales échelonnées du visible à l'infra-rouge.

Le programme Intercosmos prévoit aussi qu'entre 1978 et 1983, des cosmonautes de huit pays socialistes prendront part à des vols orbitaux à bord de capsules Soyouz. Il s'agit de la Bulgarie, Cuba, la Hongrie, la Mongolie, la Pologne, la République démocratique allemande, la Roumanie et la Tchécoslovaquie.

Dans l'avenir, le programme spatial de l'URSS se poursuivra à l'aide des stations orbitales Saliout et des navettes Soyouz, semble-t-il. À Kosmos 77, aucun projet n'a été dévoilé. Lors de son interview, le colonel Jolobov réaffirmait l'intention de son pays d'en rester aux stations automatiques pour l'exploration des planètes.



MATT KING

Dans la mer des pluies

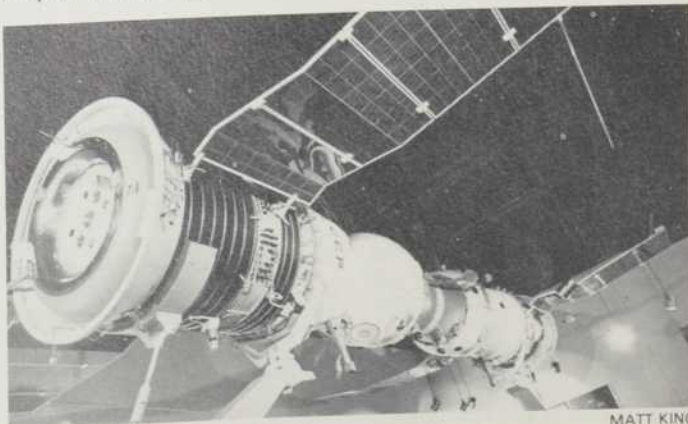
La Lunokhod I, dont une maquette grandeur nature fut exposée à Vancouver, fut débarqué en novembre 1970 dans la Mer des Pluies par Luna-17. Malgré sa taille, il ne pesait que 756 kilogrammes. Le panneau de cellules photoélectriques se repliait sur le véhicule durant la nuit lunaire. À gauche, on distingue le réflecteur laser conçu et construit en France.

Kosmos 77 a remporté un succès éclatant, accueillant plus de soixante mille visiteurs et faisant la une dans la presse de l'Ouest. Il est intéressant de remarquer que l'initiative de l'exposition revient au directeur du Musée, Gordon Shrum, et au conservateur scientifique, David Hurd, qui avaient voulu amener à Vancouver une exposition de modèles réduits tenue d'abord à Winnipeg lors de l'inauguration d'un centre civique. Au moment de la signature de l'entente, en août 1976, ils apprenaient qu'il y aurait soixante tonnes de matériel! Ce n'est qu'à l'arrivée des colis, en février dernier, qu'ils ont finalement su ce que représentaient les vingt et une sondes en question.

(L.B.)

Quand
deux Soyouz se rencontrent

L'exposition comprenant la reproduction, grandeur réelle, de l'imposant arrimage de Soyouz 4 et 5 tel qu'il fut réalisé en orbite, en octobre 1969.



MATT KING

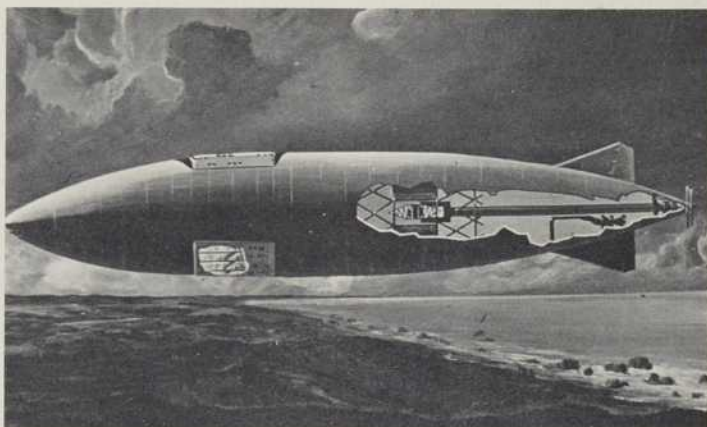
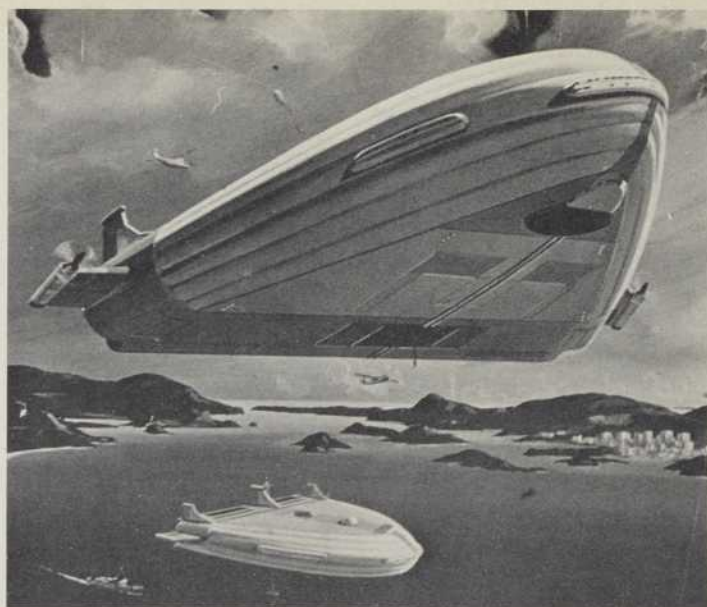
AÉRONAUTIQUE L'OPTION ZEPPELIN

Les plus de 50 ans se rappellent du passage au-dessus de Québec du dirigeable allemand R-100 et de son ancrage à un mât spécial de l'aéroport de Saint-Hubert. D'autres pensent encore avec horreur à la tragique explosion du dirigeable «Hindenburg» à Lakehurst au New Jersey, accident qui a fait le sujet d'un film projeté dans nos cinémas il n'y a pas très longtemps. Le R-101 avait d'ailleurs connu un sort semblable. Le dernier Zeppelin (nom de l'ingénieur allemand qui a construit toute une série de dirigeables entre 1900 et 1937) a été dynamité au début de la deuxième guerre mondiale et sa carcasse d'aluminium utilisée à des fins militaires. Depuis lors, on croyait que l'époque des grands dirigeables était révolue; le fait est qu'aucun plus-léger-que-l'air n'a été construit au cours des derniers 38 ans parce que ces mastodontes coûtaient trop cher, leur charge d'hydrogène était trop inflammable — l'hélium était à ce moment plus rare qu'aujourd'hui — et leurs dimensions énormes en faisaient une cible trop facile en temps de guerre.

Mais cette opinion n'est plus partagée par Kurth R. Stehling et Gordon Vach de la *National Oceanic and Atmospheric Administration*, aux États-Unis, ni par les ingénieurs de *Johns-Manville Future* (fabricants de matériaux de construction ininflammables). Dernièrement, dans une communication de la NOAA, ces deux auteurs prétendent au contraire que, dans un avenir assez proche, des dirigeables plus longs que trois pâtés de maisons de ville, à carcasse rigide remplie d'hélium, deviendront le moyen de transport aérien idéal de demain; plusieurs autres spécialistes de l'aéronautique prédisent également la renaissance du dirigeable sous une forme modernisée.

Il est évident que le génie aéronautique a fait des progrès énormes depuis 40 ans: engins spatiaux, nouveaux matériaux légers et résistants, circuits électroniques sophistiqués, commandes à grande distance, hélium disponible en quantité, énergie motrice produite par des combustibles ininflammables (uranium, plutonium).

Ce nouvel enthousiasme s'explique par le fait que le dirigeable peut s'envoler et atterrir verticalement n'importe



où (sauf sur l'eau et en forêt), c'est-à-dire sans piste, et aussi sans polluer l'air par les gaz d'échappement et par le bruit. Les aéroports pour véhicules VTOL (Vertical Take Off and Landing) pourront même être localisés sur les plates-formes flottantes au large des villes portuaires. Tout ce qui est nécessaire est une tour d'ancrage et de service autour de laquelle l'aéronef virevolte au gré des vents. L'immense avantage d'un grand dirigeable moderne est qu'il pourra transporter une charge utile allant jusqu'à 500 tonnes. On peut même s'imaginer des arrivées et des départs sans arrêt réel, les passagers étant transportés par un petit avion qui s'arrimerait au dirigeable tandis que le fret serait monté ou descendu par un treuil de hissage vertical.

De plus, la navigation par un plus-léger-que-l'air est propre puisque la propulsion peut se faire par turbine à vapeur, presque sans bruit, d'autant plus que les deux grandes hélices tournent lentement et en sens contraire; elle est aussi économique au point de vue énergétique car, contrairement

à l'avion, l'énorme poids du dirigeable (le futur géant de l'air aura une longueur de 300 mètres sur 80 à 100 mètres de largeur) et de sa charge utile est porté par l'hélium, de sorte que le moteur, une turbine légère et non polluante, ne consommera que la faible quantité de combustible nécessaire pour faire avancer l'appareil à une vitesse de l'ordre de 150 à 250 kilomètres à l'heure pour une puissance de levée brute de 700 tonnes dont une charge utile de 400 à 500 tonnes métriques. On prévoit aussi la propulsion par moteur à énergie atomique.

Le véhicule de l'avenir sera donc porté par l'hélium ininflammable, la carcasse et les autres éléments de structure seront construits avec des nouveaux alliages légers à haute résistance et avec des matériaux fibreux à base d'amiant également ininflammables. La chaleur dégagée par la turbine pourra servir, via l'hélium, au chauffage de l'enveloppe métallique, de sorte que le véhicule sera le plus grand «calorifère» volant du monde. Même l'hélium pourra être cyclé, alternativement vaporisé

ou liquéfié, afin de contrôler facilement la flottabilité de l'appareil en fonction des conditions atmosphériques et des besoins de la navigation. Tous ces perfectionnements feront contraste avec les zeppelins d'il y a un demi-siècle qui étaient mus par moteurs diesel très lourds utilisant des produits pétroliers comme combustible, ainsi qu'avec les montgolfières d'autrefois dont le déplacement vertical devait être réglé en lâchant du gaz (hydrogène ou air chaud) ou en jetant du lest selon le cas.

On prévoit déjà plusieurs usages pour ces pégases version moderne. Les touristes en profiteront comme véhicules d'excursion et de récréation. Les hommes de science de toute discipline (spécialistes en sciences de la terre et de l'atmosphère, en géographie, biologie, océanographie, écologie, urbanisme, etc) utiliseront de ces navires aériens comme plates-formes d'observation disposant de vastes laboratoires à bord et d'équipement scientifique ultramoderne sans égard au poids et aux dimensions: instruments météorologiques, profilomètres, gravimètres, magnétomètres, spectromètres, radars, sonars, radiomètres ultrasensibles avec antennes jusqu'à 80 mètres de diamètre pour usage sur des fréquences nouvelles, etc.

Contrairement aux navires de surface, les voyageurs et scientifiques n'auront pas à souffrir du mal de mer à bord d'un dirigeable. Le rayon de croisière de ce dernier sera de l'ordre de 15 000 kilomètres (avec turbine traditionnelle) ou pratiquement illimité (avec moteur atomique). De plus, le ravitaillement en nourriture, carburant et équipement pourra se faire par des navires de surface ou par avion, de sorte que le voyage ne subira pas d'interruptions pendant de longues périodes de temps. Même l'échantillonnage marin du haut des airs, à basse altitude évidemment, sera possible à l'aide de tubes de prélèvement spéciaux et ce, sans subir les inconvénients de la turbulence superficielle des eaux causée par l'hélice de bateaux océanographiques ou d'hélicoptères. Les observateurs scientifiques, par exemple, pourront aisément inventorier les ressources naturelles terrestres et marines, suivre les voies de migration des animaux de brousse, de bancs de poissons et de baleines. Lorsqu'il s'agit de porter secours à des régions éprouvées, les avions et les hélicoptères arrivent vite sur le théâtre de catastrophes, mais en raison de leur «petitesse», la charge

de matériel de premier secours est très limitée. Le dirigeable géant, même s'il ne se déplace qu'à une vitesse de l'ordre de 6 000 kilomètres en 4 heures, arrivera quand même assez tôt sur le lieu d'un désastre. Aucune piste d'atterrissage ne lui sera nécessaire et pourra décharger d'un seul coup jusqu'à 500 tonnes de matériel de secours (médicaments, pansements, eau potable, tentes et lits de campagne, vêtements, nourriture), tandis que les blessés seront soignés dans un hôpital d'urgence installé à bord du navire aérien. On pourra même transporter et laisser sur les lieux des groupes électrogènes, des béliers mécaniques, des appareils de désinfection et de purification de l'eau, ainsi que tout autre matériel lourd toujours nécessaire dans de tels cas.

L'utilisation économique la plus prometteuse du dirigeable se situe cependant du côté du

transport de fret à l'échelle internationale, plus particulièrement, intercontinentale. Atterrissant et partant verticalement, le cargo aérien pourra se rendre partout, même aux endroits les plus reculés des pays ou des régions, transportant des matériaux de toute nature, des produits manufacturés, des aliments, fruits et légumes en compartiments réfrigérés, etc. On calcule que le coût du transport par cargo aérien pourra concurrencer celui par cargo de surface.

Le pégase moderne à l'hélium fera-t-il la conquête des cieux dans un avenir plus ou moins proche? Plusieurs spécialistes le pensent. Le futur conquérant des grands espaces, que d'aucuns entrevoient plutôt sous la forme de grands avions supersoniques filant à 2, 3 ou 4 Mach, ne serait alors qu'une simple modernisation technologique du bon vieux dirigeable. (J.R.)

ÉNERGIE

LES LOCATAIRES DU SOUS-SOL

On est porté à croire qu'il n'y a pas de rapport entre le sel et l'énergie; il y en a pourtant un, et combien important pour les Québécois. Mais cette relation est très jeune, elle ne remonte qu'à cinq ou six ans, c'est-à-dire à la découverte d'énormes gisements de sel dans le haut plateau marin qui porte l'archipel des Îles-de-la-Madeleine. Le rapport fort intéressant, c'est M. Côme Carbonneau, président de la SOQUEM, qui l'a récemment relaté dans une conférence faite à l'Université de la Louisiane à Baton Rouge.

Les Madelinots fabriquent récemment l'électricité au moyen de groupes électrogènes diesel, mais cette méthode — au prix actuel du pétrole qui ne cesse de monter — est très coûteuse, économiquement limitée et de toute façon insuffisante pour électrifier le complexe minier projeté sur une base compétitive. Les auteurs du projet d'exploitation ont donc pensé utiliser les cavités souterraines produites par l'extraction du sel pour y entreposer le potentiel d'énergie nécessaire à l'opération de la mine grâce à une ingénieuse méthode de transformation de l'énergie éolienne en énergie électrique. Une première expérience en vue de l'électrification des îles par l'implantation de moulins à vent, version moderne, par

l'Hydro-Québec donne apparemment des résultats satisfaisants dans un paysage plat où le vent souffle pour ainsi dire constamment à la vitesse moyenne de l'ordre de 30 kilomètres à l'heure. L'application de ce vieux principe au stockage de l'énergie pour fins industrielles n'est pas seulement nouvelle, mais fort bien adaptable à la conservation de l'énergie électrique produite par les éoliennes au cours des périodes excédentaires (à fort vent) afin de pouvoir en disposer à volonté pendant les périodes de temps plus calme.

On sait que le projet d'exploitation des gîtes de sel aux Îles-de-la-Madeleine prévoit l'application de deux types d'opération: d'une part il y aura la mine de sel gemme classique, pour l'extraction du minerai en profondeur faible et moyenne, à l'aide d'un puits vertical pour le transport des hommes et du matériel et pour la ventilation de la mine, ainsi que de galeries, horizontales et/ou inclinées pour le minage proprement dit, le concassage et le transport ascendant du sel, le tout hautement mécanisé, donc avec une forte consommation d'énergie électrique. Il y aura, d'autre part, l'extraction du sel en plus grande profondeur par injection d'eau via le puits de sondage jusqu'au dépôt de sel, puis

pompage de la saumure et traitement ultérieur de la solution saline en surface. Ce lessivage à même les dômes de sel laissera donc des cavités souterraines qui joueront un rôle primordial dans l'entreposage de sources d'énergie électrique et d'autres matériaux. Voici le principe du fonctionnement de cette technique pour le moins originale.

Le puits de mine traditionnel, surmonté de son derrick, pénètre profondément dans le dôme de sel; il est situé à proximité d'une cavité d'extraction contenant de la saumure saturée. Au fond du puits, une galerie horizontale conduit à la base de la cavité, contient une puissante pompe refoulante, actionnée par le courant produit par l'éolienne, qui pousse la saumure dans l'étang à la surface. Une seconde galerie horizontale plus haut, qui aboutit au sommet de la cavité, loge une turbine hydro-électrique couplée à la génératrice électrique. La turbine est alimentée par l'étang de saumure dont la grande différence de niveau fournit le potentiel d'énergie exactement comme dans une centrale hydro-électrique traditionnelle. L'énergie électrique produite par le générateur est intégrée au réseau de surface qui alimente en électricité les installations minières et/ou l'archipel. Cette source d'énergie, stockée en quelque sorte sous la forme du potentiel de différence de niveau entre l'étang et la turbine, n'est utilisée que lorsque l'alimentation directe du réseau par l'éolienne est insuffisante durant les périodes de vent faible ou par temps calme.

Le projet prévoit d'autres utilisations, non moins intéres-

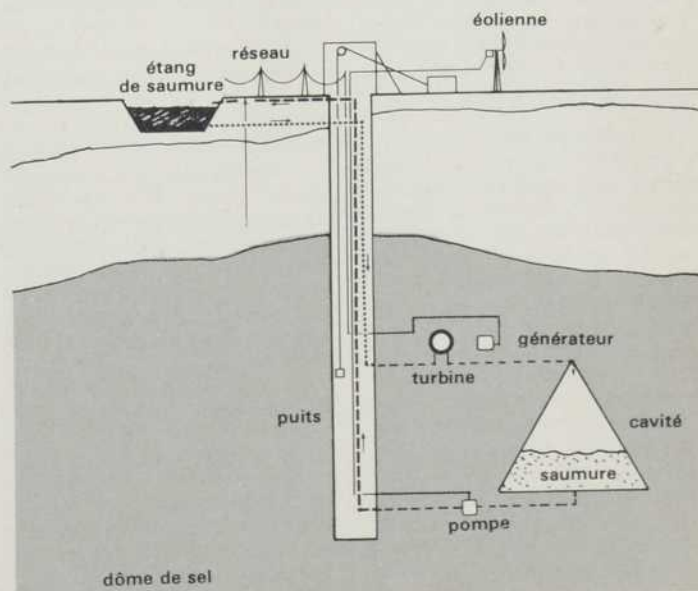
santes des cavités laissées par le lessivage du sel, que ce soit sous les îles de l'archipel, ou sous les lagunes situées entre les îles, ou au large mais à proximité de l'archipel. Des pipelines relient les cavités et les postes de consommation ou d'embarquement. De tels systèmes sous-marins sont aujourd'hui couramment utilisés grâce aux techniques développées par l'industrie pétrolière. Ainsi sera-t-il possible de constituer en toute sécurité d'immenses réserves souterraines de pétrole brut (livré à quai par des pétroliers géants) ou de gaz naturel comprimé, afin de pouvoir satisfaire aux besoins croissants de l'industrie.

Ce moyen original de stockage de sources énergétiques n'est pas seulement simple et pratiquement illimité au point de vue quantitatif, mais aussi très économique puisque le transport se fera par des voies maritimes facilement accessibles. Enfin, ces cavités pourraient également servir à l'élimination de déchets radioactifs.

L'environnement sera d'ailleurs protégé au maximum puisque la plupart des installations requises par ce développement minier et le stockage d'énergie sont souterraines. Il n'y aura donc pas, en surface, de «forêt» de réservoirs d'acier, de mauvaises odeurs. L'esthétique des environs ne sera pas affectée, ni les conditions écologiques. (J.R.)

Emmagasiner de l'énergie

Les gisements de sel tels qu'ils seront exploités permettront d'emmagasiner de l'énergie excédentaire produite par l'éolienne.



RECYCLAGE

L'HUILE
EN CIRCUIT
FERMÉ

Une fois terminé le changement d'huile de votre voiture, qu'est-ce que le garagiste fait de l'huile usagée? La loi québécoise, le «règlement relatif à la gestion des déchets liquides», lui interdit de la déverser dans l'égout municipal ou le fossé le plus proche. L'huile usagée doit être recueillie obligatoirement, afin de subir un retraitement ou être vendue aux municipalités comme abat-poussière sur les routes. Une certaine quantité est également utilisée comme combustible industriel.

Entre le règlement et la réalité quotidienne, il y a un gouffre. Seulement 42 pour cent des 627 000 tonnes d'huile vendues chaque année au Canada, et utilisées à 66 pour cent pour le transport individuel et routier, sont effectivement recueillies. Le reste disparaît mystérieusement dans la nature, finissant tôt ou tard par «enrichir» nos cours d'eau.

Ce n'est pas rassurant, mais le traitement légal ne vaut guère mieux. Qu'advient-il, par exemple, de l'huile épanchée comme abat-poussière? Des études montrent qu'il ne faut pas un an pour que 99 pour cent de cette huile soit entraînée par l'eau de pluie dont une bonne part ira grossir les rivières.

Brûler de l'huile n'est pas plus ragoûtant que de brûler des vieux pneus. Les fumées qui résultent de la combustion sont chargées de plomb, de zinc, de phosphore, de brome, que l'on peut qualifier de toxiques. En brûlant 200 tonnes d'huile dans votre jardin vous libérez dans votre ciel et celui de vos voisins la coquette quantité d'une tonne de plomb, rien de moins.

Évidemment, il faudrait recycler plus intelligemment les huiles usagées. Il existe actuellement un procédé de traitement des hydrocarbures, par l'acide sulfurique, mais les boues acides qui restent comme résidus posent également le problème de leur dispersion dans la nature. Seulement trois pour cent des huiles sont donc traitées pour réutilisation.

En Europe, près d'un tiers des 2 500 000 tonnes d'huile consommées chaque année sont régénérées, ce qui représente une économie de dix millions de tonnes de pétrole brut. Il est vrai que les Européens ont une tendance à moins gaspiller. Le

traitement est effectué selon le même procédé qu'en Amérique du Nord, méthode la moins coûteuse, la plus efficace, qui donne un produit stable possédant des propriétés semblables à celles de l'huile vierge... et les boues acides malgré tout.

Le procédé consiste à extraire, grâce à l'acide sulfurique et à un contact avec de l'argile, tous les additifs et les substances indésirables pour ne garder que les hydrocarbures, c'est-à-dire l'huile elle-même, auxquels de nouveaux additifs sont ajoutés.

Il existe une trentaine d'additifs, organiques et métallo-organiques, utilisés pour améliorer l'huile. Ce sont des agents anti-usure, anti-oxydants, anti-rouille, anti-corrosion, anti-mousse, des agents d'amélioration de l'indice de viscosité, d'abaissement du point d'écoulement, des dispersants et des détergents. Les boues, en plus de contenir 40 pour cent d'acide sulfurique, vont donc être constituées des additifs, de particules qui peuvent provenir de l'usure des pièces du moteur, de soufre, de carbone et de cendre formés par la combustion, de terre et de silice provenant de la route, et d'autres substances plus ou moins identifiées glanées au fil des manipulations.

Ces boues doivent être neutralisées et enfouies dans des dépotoirs spéciaux, ce qui a pour effet d'augmenter les coûts du traitement. À tel point que 70 pour cent des usines de recyclage américaines ont fermé leurs portes, et qu'il n'en reste que trois au Canada.

Une équipe de chercheurs de l'École Polytechnique, sous la direction de MM. André Rollin, Raymond Mayer et Jean Paris, a mis au point un traitement en milieu non acide qui pourrait relancer le recyclage des huiles usagées.

La revue *Chercheurs* de l'Université de Montréal, qui relate ces faits, explique que le nouveau procédé s'effectue en milieu basique, ce qui élimine au départ tout problème de boues acides. Il a également l'avantage de conserver certains additifs qui ont parfois une durée de vie très longue, surtout depuis qu'on leur demande de résister à des températures élevées dues à l'augmentation de la puissance des moteurs.

Économique à ce point de vue, le nouveau traitement l'est aussi à un second degré. En effet, les boues obtenues pourraient remplacer certaines substances employées dans la fabrication des plastiques pour en améliorer les propriétés mécaniques.

De plus, ces boues pourraient

avoir un pouvoir calorifique intéressant, ce qui n'est pas le cas des boues conventionnelles dont la viscosité est trop variable et dont la combustion entraîne de gros problèmes de corrosion et de pollution à cause de la présence de l'acide sulfurique.

L'équipe de l'École Polytechnique est arrivée à obtenir des boues qui forment un mélange homogène et une série d'essais a commencé dans une cimenterie montréalaise. La combustion dans un four de cimenterie ne devrait pas poser de difficultés, car le pouvoir d'absorption du soufre par le *clinker*, le produit de la cuisson des constituants du ciment, laisse prévoir un niveau acceptable de composés sulfureux dans les gaz d'échappement. De plus, les particules métalliques toxiques devraient être captées et neutralisées dans le ciment.

Le procédé est efficace en laboratoire. Il reste maintenant à lui faire subir l'épreuve de l'exploitation en continu et un montage-pilote va permettre de simuler les conditions d'opération industrielle. Choix de produits, température et pressions vont donc pouvoir être améliorés afin d'obtenir le meilleur rendement. Lorsque le traitement aura fait ses preuves dans des conditions industrielles, les entreprises de recyclage pourront alors envisager une reconversion de leurs équipements. En attendant, les chercheurs de Polytechnique travaillent également sur des solutions améliorées pour les boues acides, afin de faciliter la transition et d'éviter de nouvelles fermetures d'usines. (M.G.)

ÉNERGIE

LE
TÉMOIGNAGE
DU SANG

Dans un rapport publié au tout début de l'année, des fonctionnaires du ministère fédéral de l'Environnement en sont arrivés à la conclusion que du méthanol pourrait être produit à partir des résidus des scieries, des déchets de coupes forestières comme les branches et écorces ainsi que des espèces considérées comme impropres à l'exploitation.

Joint à l'essence dans une proportion de 15 pour cent, ce méthanol permettrait, sans modification aux moteurs actuels, et moyennant simplement un ajustement, d'obtenir une meilleure consommation, à un prix moindre. Avec la quantité de déchets produits par notre industrie forestière, cette solution économique permettrait de répondre aux besoins des automobilistes et transporteurs routiers pour plusieurs décennies, faisant bénéficier le Canada d'une économie d'importation de l'ordre de 800 millions de dollars chaque année!

Outre les emplois directs créés par cette nouvelle industrie (estimés à quelque 40 000 dans le rapport et localisés principalement dans les régions rurales à haut niveau de chômage), les sommes épargnées par le pays pourraient à leur tour être réinvesties dans des développements productifs et générateurs d'emplois.

Enfin, il y aurait d'autres avantages, comme le fait que le

méthanol est un combustible moins polluant que l'essence, et que les provinces les plus riches en matière ligneuse sont aussi celles qui semblent les plus pauvres en pétrole, de sorte que l'industrie proposée contribuerait à un meilleur équilibre des échanges énergétiques à l'intérieur du Canada, etc.

Notons que dans son étude pour le compte du Conseil des sciences, le physicien canadien Amory Lovins, du groupe international *Friends of the Earth*, soulignait qu'une utilisation rationnelle de ces résidus forestiers, couplée à un recyclage des déchets urbains des dix plus grandes villes canadiennes, pourrait, sous forme de pétrole synthétique, non seulement fournir le léger complément dont parle le rapport du ministère de l'Environnement, mais également remplacer tout le pétrole utilisé pour le chauffage domestique, à condition que les nouvelles résidences soient parfaitement isolées et dotées d'équipement collecteur de l'énergie solaire. Ces données n'ont certes pas encore été intégrées dans les rapports fédéraux, mais on peut d'ores et déjà se demander ce qu'Ottawa attend maintenant pour donner feu vert à la production industrielle d'une telle ressource aujourd'hui gaspillée. (P.S.)

PARUTIONS RÉCENTES

PAPILLONS

Thomas C. Emmel, Stock, Paris, 1976, 252 pages, \$51.00

«Les papillons symbolisent la vie d'une manière si intense et si colorée qu'ils ont frappé l'imagination des hommes depuis les temps les plus reculés», écrit Thomas C. Emmel à leur sujet dans cet album de qualité. La fascination pour «ces petits échantillons de vie en papier de soie frémissant», du simple chasseur et collectionneur au plus grand spécialiste, a compté pour beaucoup dans le développement de la science entomologique. C'est un peu pour faire partager cet engouement que Thomas C. Emmel, professeur de zoologie à l'Université de Floride et grand explorateur, a conçu ce livre sur les papillons. Dans la première partie, faisant œuvre de vulgarisation, il décrit avec beaucoup de simplicité leur biologie et leur comportement: leur croissance, leur métamorphose, leur façon de se nourrir, de dormir ou de se reproduire, etc. Il nous explique la manière de les classer et nous décrit les principales régions du monde où ils abondent. Enfin, il brosse un rapide historique des incidences économiques et scientifiques des papillons pour l'homme et ajoute quelques notes sur l'art de les collectionner et de les photographier. Plus de 300 superbes et somptueuses photographies en couleurs de papillons vivants, croqués dans leur habitat naturel et provenant de toutes les parties du monde, honorent le texte de leur clarté et de leurs coloris exceptionnels. Et l'on se doit, en terminant, de faire une mention particulière à la qualité de la traduction française. (J.-P.D.)

CRÉATURES SAUVAGES

texte de Franklin Russell, Stock, Paris, 1976, 180 pages, \$51.00

Cet album de luxe est une fête visuelle. Près d'une centaine de photographies en couleurs nous ravissent l'oeil. Elles sont l'œuvre d'une cinquantaine de grands photographes de la nature. Reproduites avec une qualité impeccable, elles illustrent toutes les catégories de créatures sauvages, des mammifères les plus imposants aux

invertébrés les plus minuscules. Le texte de Franklin Russell, écrivain naturaliste de Nouvelle-Zélande, n'a qu'une longueur de 30 pages, mais l'instantanéité y côtoie le souci d'englober quelques détails sur la biologie et les formes du monde animal de toutes les régions du globe. Russell réussit si bien à nous décrire ses sentiments au contact de la diversité de la nature que nous en arrivons à sentir la température, les sols, le vent, la chaleur et même le rythme des espèces qu'il évoque. (J.-P.D.)

IMAGES ET ORDINATEURS

Pierre Morvan et Michel Lucas, Larousse, Série informatique, Paris, 1976, 336 pages, \$19.20

images et ordinateurs
Introduction à l'infographie interactive

par Pierre Morvan et Michel Lucas

LAROUSSE



«Une image vaut mille chiffres», voilà quel pourrait être le leitmotiv de ce volume. À l'époque où le scientifique croule sous une masse monstrueuse de données, l'ordinateur, par sa rapidité incroyable de traitement, semble porter la plus lourde responsabilité devant cet état de fait. Les auteurs perçoivent «l'infographie interactive», accélérant le rythme de l'échange, comme un moyen capable d'optimiser le rendement net du duo machine-utilisateur. Nouvelle branche de l'informatique, l'«infographie interactive», en employant une forme d'expression iconographique, se veut donc l'outil idéal pour approcher d'une réelle symbiose entre l'homme et la machine.

Ce volume, troisième d'une série consacrée à l'informatique, tente de faire le point sur un nouveau domaine d'utilisation de la quincaillerie pensante devenue compagne de travail du scientifique et du chercheur. Les auteurs passent d'abord en revue les composantes techniques ou le «hardware» comme les initiés se plaisent à les dénommer. Vient ensuite l'analyse des différents «software» ou logiciels utilisés pour transcrire en images les fourmillements de chiffres qui habitent les «flip-flops» des cerveaux binaires. En effet, ce nouveau

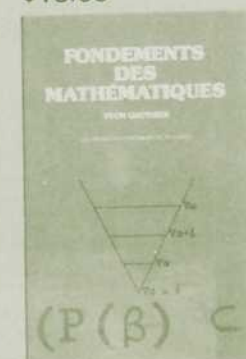
mode d'exploitation des ordinateurs nécessite la création d'un nouveau type de traitement de l'information. Ces nouveaux logiciels, de plus en plus adaptés aux besoins des utilisateurs, remplaceront vite les programmes originaux devenus incapables de faire face aux besoins de plus en plus sophistiqués des utilisateurs.

La dernière partie du traité est consacrée aux applications possibles de ces nouvelles consoles graphiques où l'écran cathodique remplace l'imprimante et où le crayon optique transmet instantanément à la machine, par le biais du dispositif d'affichage, les décisions de l'utilisateur. Ces applications, très nombreuses, se rencontrent aussi bien dans le domaine des sciences pures et appliquées ou de la recherche médicale que dans celui de l'industrie et naturellement de ceux de l'architecture et de la création graphique.

L'ensemble du traité s'adresse à l'utilisateur potentiel de tels systèmes. Les données techniques y sont nombreuses et très élaborées. Quelques exemples de programmes d'utilisation y sont même inclus. De plus, on y trouve de nombreuses références à des systèmes informatiques commerciaux, accompagnés des particularités techniques de ces systèmes. Un lexique français très complet des termes spécifiques au domaine est ajouté à la fin du livre. Cette addition n'est certainement pas un luxe dans un domaine comme l'informatique presque essentiellement dominé par les Américains et leur langue. (J.-M.C.)

FONDEMENTS DES MATHÉMATIQUES

Yvon Gauthier, Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal, 1976, 460 pages, \$18.00



L'objet premier du fondement des mathématiques est de fournir une théorie complète de la pratique mathématique dans ses principes et ses concepts fondamentaux. Cette discipline en est donc une de synthèse qui

s'abreuve à la fois aux sources multiples de la logique, de la mathématique et de la philosophie épistémologique. L'entreprise globale de l'étude du fondement des mathématiques doit résulter, par une certification de la pratique mathématique et la mise à l'épreuve de ses notions fondamentales, en une objectivité absolue des mathématiques.

Historiquement, le problème des fondements des mathématiques s'est posé brusquement lors de «crises» provoquées entre autres par la découverte de paradoxes, de contradictions, et d'inconsistances mathématiques.

La dimension philosophique du livre d'Yvon Gauthier est évidemment très large et le paratitre «Introduction à une philosophie constructiviste» montre bien l'orientation de cette dimension. En effet, ce long traité débouche sur des fondements constructivistes qui tentent de donner des assises philosophiques à la logique et aux mathématiques constructivistes.

La première partie du volume qui reprend d'une façon plus concise un cours gradué sur les fondements des mathématiques, nécessite certaines connaissances de base et semble s'adresser plus particulièrement au lecteur spécialisé qui y trouvera un exposé sur les fondements critiques de la théorie des ensembles et de l'intuitionisme.

Par contre, comme le souligne l'auteur, il semble bien que les recherches fondationnelles soient peut-être les nouvelles avenues de l'interdisciplinarité, la logique constituant sans doute le meilleur exemple de cette parenté fondationnelle des différents visages de la connaissance.

De ce fait, le reste du volume dépasse largement les intérêts du seul mathématicien. C'est ainsi que les chapitres traitant par exemple de la logique mathématique, de la philosophie des mathématiques ou encore du lien phénoménologie-mathématique sauront sans aucun doute, par la richesse de leur contenu, susciter intérêt et réflexion chez le généraliste à l'affût de données nouvelles.

La conclusion qui traite essentiellement du sens philosophique des fondements des mathématiques pose la question fondamentale de l'applicabilité des mathématiques. En résumé, pourquoi les mathématiques, qui ne sont que construction de l'esprit, sont-elles applicables au monde physique? De plus, comment expliquer l'invariance des notions et des vérités logiques

et idéalement l'objectivité de celles-ci?

L'auteur propose finalement de remplacer la vieille métaphysique, identifiée le plus souvent à la théorie générale de l'être, par une nouvelle théorie générale de la science appelée métathéorie et définie par rapport à une théorie fondatrice de métathéories fondatrices et de théories proprement dites.

Le volume d'Yvon Gauthier constitue un ouvrage de base consacré à un domaine immensément riche dont le développement produira peut-être la nouvelle architecture du monde de la connaissance. Sa lecture, bien que parfois laborieuse, amène cependant une riche récolte et vaut la peine d'être entreprise par ceux dont les préoccupations rejoignent celles de l'auteur. (J.-M.C.)

LES INSOLENCES D'UN ÉCOLOGISTE

Michel Jurdant, Les éditions du Boréal Express, Sillery, Québec, 1976, 81 pages, \$4.50

En complétant ses «insolences d'un écologiste», Michel Jurdant, directeur du service des études écologiques de la direction régionale des terres à Québec pour Environnement Canada, vient ajouter sa voix à tous ceux qui réclament qu'on cesse cette course folle à l'énergie et à la consommation, qu'on opte résolument pour une société décentralisée, à technologie douce, où la qualité primerait sur la quantité.

La thèse n'est pas nouvelle. Les lecteurs de *Québec Science* y sont sans doute familiers, ne serait-ce que par les articles fort bien documentés d'André Delisle.

Dans la première partie de son texte, Jurdant a cependant choisi le ton du manifeste. La lecture est agréable, violente, passionnée, et magistrament soutenue par les dessins de Renaud. Malheureusement, le polémiste perd souvent en profondeur et en efficacité à long terme, ce qu'il gagne en impact immédiat.

La seconde partie du manifeste paraît plus importante. Oubliant son style polémiste, Jurdant énonce une longue série de principes «politiques» qu'on pourrait appliquer immédiatement pour s'approcher de cette société qui n'est peut-être pas si utopiste, tout compte fait. Ici, l'auteur nous montre toute la richesse de sa réflexion. Certaines idées, sans être inédites, sont des plus intéressantes.

Malheureusement, quelques semaines à peine après la publication de ces «Insolences», le rapport du Groupe GAMMA de Montréal sur la société de conservation était publié, présentant une vision encore plus structurée, plus pratique aussi, de ce qui est à faire. Sans être caduc, le texte de Jurdant semble maintenant incomplet. Ses réflexions sur la ville, par exemple, sont à la fois celles où il manifeste le plus d'originalité, et celles où la solution, s'il en est une, paraît lui échapper le plus.

À la dernière page de son texte, l'auteur invite le lecteur à lui communiquer ses critiques, ses idées, ses expériences, ses réflexions. J'espère que beaucoup le feront, et que Jurdant pourra, qui sait, en tirer un livre qui corrigera le caractère un peu inachevé des «Insolences».

Mais ne serait-ce que pour cette oeuvre à poursuivre, tous les intéressés devraient se procurer ces *Insolences d'un écologiste*. (P.S.)

L'EFFET PK OU L'ACTION DE L'ESPRIT SUR LA MATIÈRE

René Pérot, Tchou, Paris, 1977, 293 pages, \$16.70



Ce livre fait partie de la «collection PSI» dans laquelle sont relatés les faits et les théories reliés aux phénomènes psi: télépathie, clairvoyance, précognition, psychokinésie. L'auteur du volume, René Pérot, parapsychologue de l'Institut métaphysique international, fut le premier en France à appliquer les méthodes quantitatives à l'étude des phénomènes paranormaux.

Dans ce livre, l'auteur effectue le bilan de ce qui a été expérimenté et observé en matière de psychokinésie à travers le monde. On y trouve la description de nombreuses anecdotes et expériences de laboratoire qui couvrent la gamme des manifestations de la psychokinésie: les mouvements d'objet sans contact physique, la torsion des métaux, les coups frappés, la lévitation et les effets de l'action de la

pensée sur les plantes, sur les animaux et sur certaines substances qu'on parvient à momifier.

L'auteur décrit de manière détaillée les conditions dans lesquelles ont été réalisées les expériences de laboratoire et les enquêtes sur le terrain. Il met de plus en lumière certaines des variables psychologiques, physiologiques et physiques identifiées comme propices ou nuisibles à la manifestation des phénomènes de psychokinésie.

En ce qui concerne l'explication de ces phénomènes, l'auteur se contente d'adhérer à l'hypothèse de Sir Cyril Burt, professeur de psychologie à l'Université de Londres, qui suppose l'existence d'un univers psychique parallèle à l'univers physique. Selon René Pérot, l'esprit relèverait de cet univers psychique et constituerait le catalyseur de l'énergie responsable de la transformation de la matière observée dans les phénomènes de psychokinésie.

Ce livre destiné au grand public peut s'avérer d'une lecture fastidieuse en raison des descriptions détaillées d'expériences de laboratoire. Le bilan des recherches effectuées à l'étranger tout en fournissant un aperçu assez complet des études réalisées en Europe et dans les pays de l'Est s'avère incomplet en ce qui concerne les recherches récentes effectuées aux États-Unis et au Canada. De plus, même si actuellement la psychokinésie demeure pour la plupart des hommes de science, un phénomène inexplicable, les hypothèses d'explication que propose l'auteur sont très limitées et relèvent davantage de la métaphysique que de la science. (A.B.)

LES ILLUSIONS DES CITADINS

Ruben F.W. Nelson, collection «Perspectives urbaines», publié par The MacMillan Company of Canada, pour le compte du ministère des Affaires urbaines, Ottawa, 1976

Evelyn Dumas, dernier récipiendaire du prix de journalisme Olivar Asselin, de la Société Saint-Jean Baptiste, écrivait dans un éditorial du *Journal* que les hommes ne changent pas les institutions, en prenant pour exemple le passage des Trudeau-Marchand-Pelletier au Parti libéral du Canada. C'est essentiellement la même thèse que défend Ruben Nelson, dans cette petite plaquette consacrée à l'évolution de nos villes et de

notre société. On croit souvent pouvoir modifier notre situation à volonté... mais c'est notre situation qui, le plus souvent, nous modifie. Individuellement, on peut peut-être s'en sortir, jouir d'une certaine liberté. Mais collectivement, on ne peut changer une situation sans s'attaquer résolument aux institutions, à l'organisation. Si l'homme veut éviter la crise globale, nous dit l'auteur, il lui faudra d'abord reconstruire toutes ses politiques d'aménagement social et urbain, repenser le processus de prise de décision politique, frapper dans certaines institutions. Le défi est de taille. Dommage que le court texte de Nelson ne fasse que l'aborder, sans en dégager toutes les implications. Mais c'est tout de même une amorce de réflexion.

Et profitons-en pour mentionner la naissance récente de cette collection de «plaquettes» («Perspectives urbaines») publiée par le ministère fédéral des Affaires urbaines, dans le but justement d'amorcer diverses réflexions. Les titres, très variés (déjà une dizaine en moins d'un an), vont d'études quasi techniques (*Stratégie de développement urbain et économique pour la région de l'Atlantique*) à des évocations de science-fiction (*L'oracle des oracles*) en passant par toute la gamme des essais politiques ou sociaux. (P.S.)

Derniers livres reçus

Aménagement écologique et piscicole des eaux douces
Jacques Arrignon
Gauthier-Villars, Paris, 1976, 320 pages, \$37.50

Le dernier souffle des Indiens
Madeleine Aubert
Robert Laffont, Paris, 1977, 190 pages, \$11.60

Les blessures symboliques
Bruno Bettelheim
Gallimard, coll. «Tel», réédition, Paris, 1977, 252 pages, \$5.50

Guide du propriétaire et du locataire
Michel Bolduc, Marc Lavigne, Johanne Giroux
Les Éditions de l'Homme, Montréal, 1977, 219 pages, \$5.00

Exercices et problèmes de génétique
G. Broussal, P. Viaud
Flammarion, Paris, 1977, 175 pages, \$10.50

Stratégie du marketing
Jean-Charles Chebat, Georges Maurice Henault
Les Presses de l'Université du Québec, Montréal, 1977, 272 pages, \$12.50

EN VRAC

LOGE DE LA PEAU

Lorsque, dans quelques jours à peine, vous vous prélasserez sur les plages ensoleillées, songez que la peau constitue un objet d'étude important en biologie cellulaire. Chez les mammifères, la peau joue un rôle triple et essentiel: celui de couche protectrice, d'agent régulateur de la température corporelle et de récepteur et transmetteur des stimuli. Pour le biologiste, la peau représente un terrain facile d'accès... pour l'étude des problèmes de division, de perte et de remplacement des cellules, phénomènes aux conséquences considérables. C'est pour ces raisons que les hommes de science de toutes les disciplines se sont intéressés à la peau. Et vous?

HOMARD ET CHIEN ESQUIMAU

Et quand votre peau sera rougie comme la carapace d'un homard ébouillanté, il vous sera réconfortant d'apprendre qu'un chien esquimau, grâce à l'isolation thermique que lui procure son pelage, peut somnoler et rêvasser tranquillement étendu sur la neige dans le blizzard de l'Arctique par un froid de moins 40°C, sans que la température à la surface de sa peau diffère de la température interne de son corps.

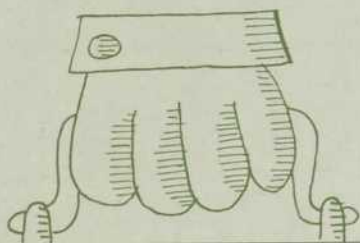
SUEURS D'AMOUR...

Et si au cours de votre bain de soleil vous constatez que les glandes sudoripares de votre voisin (ou de votre voisine) fonctionnent à plein régime, vous pourrez aussi vous consoler en sachant que chez la plupart des mammifères, les glandes de la peau produisent des sécrétions odoriférantes particulières qui jouent le rôle

de signaux chimiques. Chez le chevreuil mâle, par exemple, les glandes apocrines et sébacées s'agrandissent à la saison des amours et atteignent un paroxysme au moment du rut. Bien sûr, il n'en va pas ainsi pour votre voisin (ou voisine)... Tout de même, songez que plusieurs des substances désodorisantes dont le siècle actuel nous a imposé l'usage, proviennent en fait de sécrétions odoriférantes telles que le musc ou la civette, obtenues à partir des glandes de d'autres mammifères...

... ET FLAMMES ORDINAIRES

Le soir tombé, vous serez certainement tenté de vous regrouper (avec vos amis ou votre voisine) autour d'un feu de camp. Si la conversation vient à tomber, vous pourrez toujours la ranimer en piquant ainsi la curiosité de vos amis: l'homme utilise la flamme depuis le Néanderthal. Le feu n'a pas changé. Même les flammes mortelles du napalm des guerres modernes ne sont autre chose que les tisons prométhéens du vingtième siècle. Il a fallu attendre jusqu'au siècle dernier pour connaître la première analyse de la flamme d'une bougie: celle de Faraday, à la Royal Institution de Londres. Et ce n'est qu'en 1928 que le premier exposé théorique sur une flamme de diffusion eut lieu. Toutes les flammes traditionnelles sont des flammes de diffusion, dans lesquelles le combustible et l'air sont fournis séparément et se diffusent l'un dans l'autre, la vitesse de diffusion déterminant le comportement de la flamme. De nombreuses recherches se poursuivent actuellement dans le but de maîtriser ou d'influencer ce processus très complexe. Mais cela dépasse le niveau d'une conversation autour d'un feu de camp!



VOUS DÉMÉNAGEZ ?

NOM

numéro d'abonné

date d'entrée en vigueur

ANCIENNE ADRESSE

NUMÉRO RUE

APPARTEMENT

VILLE

PROVINCE ou pays

CODE POSTAL

NOUVELLE ADRESSE

NUMÉRO RUE

APPARTEMENT

VILLE

PROVINCE ou pays

CODE POSTAL

MAGNITUDE ZÉRO

De toutes manières, ce n'est pas avec ce genre de conversation que vous allez captiver votre auditoire. Bientôt l'effet combiné de la poésie du feu de camp, des insulations et de l'ennui, incitera vos amis à lever les yeux pour contempler la voûte céleste telle qu'on peut l'observer à la campagne, loin de la réverbération urbaine. Vous aurez vite fait de ramener tout le monde sur terre en leur demandant d'identifier étoiles et constellations. Vous verrez: ils arriveront vite au bout de leur science! Pourquoi ne pas leur suggérer de s'enrôler dans l'un des nombreux clubs d'astronomes amateurs du Québec. Regroupés en association sous la férule de la Fédération des loisirs scientifiques du Québec, les astronomes amateurs, en plus de publier une revue («MAGNITUDE ZÉRO»), tiendront leur congrès annuel les 17, 18 et 19 juin au Centre Montfortin, 5875, rue Sherbrooke, Montréal. Appelez Félix Maltais à (514) 374-4700 (poste 409); il se fera un devoir et un plaisir de vous renseigner davantage.

LES HOMMES À SEINS

Un autre sujet à ne pas aborder sur la plage (évitez même d'y penser!): les hommes pourraient non seulement voir se développer leurs seins, mais aussi, produire un excellent lait pour leur rejeton. En effet, selon le Dr Robert Greenblatt, de la Faculté de médecine de l'Université de Georgie, à Atlanta, tel serait l'effet d'un traitement à la *L. dopa*, un neurotransmetteur qui empêche la production de l'hormone FIP (facteur inhibant la prolactine). Qui plus est, cet éminent endocrinologue affirme que même sans traitement chimique, un homme pourrait produire du lait si la stimulation externe était suffisante. Autrement dit, si on laissait son rejeton le téter de manière régulière pendant plusieurs semaines... à condition, bien sûr, qu'on nourrisse le bébé en attendant que sa patience ait porté fruit!

SOUVENIRS INSTANTANÉS



La technologie est quelquefois plus rassurante que la science. C'est ainsi que très bientôt vous pourrez filmer et développer instantanément vos propres souvenirs de plage. En effet, au moment où la firme Kodak entreprend de battre Polaroid sur son propre terrain de la photographie à finition instantanée, cette dernière a réagi en lançant (d'ici quelques mois) la première ciné-caméra à développement instantané, un projet qui était en branle depuis 1974. Essentiellement, la finition ne se ferait pas dans l'appareil de photographie, mais dans le projecteur qui serait déjà en fabrication chez Eumig, une firme autrichienne associée à Polaroid dans ce projet. Il s'agirait d'abord de films super 8 en cassette. Avant la projection, la cassette devrait être déroulée dans le projecteur et c'est à ce moment qu'agirait le révélateur.

PAS DE VACANCES POUR VOS IDOLES

Contrairement aux années passées, les bureaux de QUÉBEC SCIENCE ne fermeront à aucun moment durant la période estivale. Nos services fonctionneront cependant au ralenti, étant donné que nous avons pu, malgré tout, prendre suffisamment d'avance pour préparer d'excellents numéros estivaux qui paraîtront aux dates prévues. À noter aussi que notre livraison de juillet sera substantiellement plus volumineuse: elle comprendra plus de 64 pages. Bonnes vacances!

En JUILLET

François Picard expliquera pourquoi il ne faut pas trop s'en faire avec les maladies des plantes

Jean-Pierre Rogel dénoncera une situation polluante entre toutes: celle des dépotoirs à ciel ouvert

Claude Faubert, lui, fera le tour du «jardin» des OVNI au Canada et au Québec

Le Conseil des sciences du Canada publiera un important document sur la contamination par le chlorure de vinyle

NE NOUS CHERCHEZ PLUS ABONNEZ-VOUS

Au tarif de \$15.00 (1 an / 12 numéros) *

- ☐ Je m'abonne
☐ Je me réabonne

pour années au magazine QUÉBEC SCIENCE.

C.P. 250, Sillery, Québec G1T 2R1

À L'USAGE DU MAGAZINE

1 5 6
A 7 8 9 10
11 16
17 20
21 24
25 26 27 29

COUPON D'ABONNEMENT (à remplir en lettres MAJUSCULES)

30 nom 50
60 prénom 80
B 7 8
9 numéro rue appartement 28
29 ville province ou pays 49
69 code postal 74
☐ Chèque ou mandat postal ci-joint
☐ Veuillez me facturer

* Tarif en vigueur jusqu'au 31 décembre 1977

PARTIR est important. TOURBEC le sait!

TOURBEC, un service/voyage à but non lucratif.

Je désire recevoir toute l'information concernant:

AIR CANADA *

Le transport ferroviaire

- ☐ eurailpass et student railpass en Europe
- ☐ britrailpass et youth-rail en Angleterre, Ecosse et Pays de Galles

Le transport terrestre

- ☐ location d'auto en France
- ☐ plan achat-rachat Renault Canada en France
- ☐ location de moto en France

Les documents de voyage

- ☐ la carte d'identité internationale des étudiants
- ☐ la carte d'échanges culturels internationaux des jeunes (23 ans et moins)
- ☐ la carte de membre des auberges de jeunesse
- ☐ les bouquins, cartes et guides de voyage
- ☐ les assurance-voyage

Le programme de découverte

- ☐ Au Québec
- ☐ "découverte du Québec"
- ☐ fins de semaine safari-photo
- ☐ fins de semaine de plein air
- ☐ les Îles de la Madeleine

Au Canada

- ☐ l'Ouest Canadien
- ☐ les Maritimes

Aux U.S.A.

- ☐ New York

Aux Antilles

- ☐ Cuba
- ☐ Martinique
- ☐ Porto-Rico

En Europe de l'Ouest

- ☐ semaine culturelle à Paris
- ☐ Grèce

En Europe de l'Est

- ☐ Pologne
- ☐ Tchécoslovaquie
- ☐ U.R.S.S.

En Afrique du Nord

- ☐ Tunisie
- ☐ Maroc
- ☐ Egypte

Au Moyen-Orient

- ☐ Israël
- ☐ Turquie

Les croisières à la voile

- ☐ sur le St-Laurent
- ☐ aux Antilles

Autres programmes

- ☐ les cours de langue en Europe
- ☐ le séjour au pair en Irlande
- ☐ les expéditions (traversée du Sahara, trekking au Népal...)

☐ **Le transport aérien**

les tarifs réguliers aller-simple, excursion 14-21 jours et 22-45 jours, apex, noëlpaix, le tarif jeunesse, les vols noyés vers Londres, Paris et Athènes, les vols spéciaux pour les jeunes et les étudiants vers l'Afrique, l'Asie, le Moyen-Orient et Inter-Europe.

destination: _____ ville _____ pays _____

durée: _____ nombre de jours _____

date de départ _____ retour _____

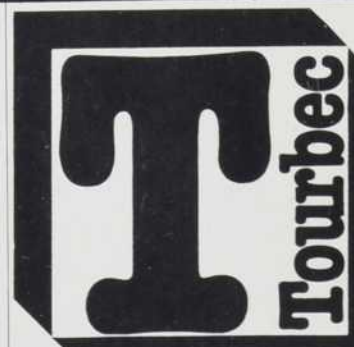
Nom _____

Adresse _____ no. civique _____ rue _____ ville _____ code postal _____

Tél. () _____ code _____

étudiant ☐ travailleur ☐

Lieu _____ Date de naissance _____



Bureau de Montréal
347 est rue St-Paul
Montréal, Qué.
H2Y 1H3
tél. 866-1063

Bureau de Québec,
29 rue d'Auteuil
Québec, Qué.
G1R 4B9
tél. 694-0424

No. de permis 75-01-50218

Q6-M171



C'est quoi, le réseau de l'Université du Québec?

Rouyn, Hull, Montréal, Trois-Rivières, Québec, Chicoutimi et Rimouski. Tels sont les points d'ancrage du réseau de l'Université du Québec qui comprend dix établissements d'enseignement supérieur et de recherche implantés à la grandeur du territoire québécois. Dix unités constituantes à vocation générale ou spécialisée, au service d'une région particulière ou du Québec tout entier.

Le Centre d'études universitaires dans l'Ouest québécois (CEUOQ) dans l'immense territoire de l'Outaouais et du Nord-Ouest.

L'Université du Québec à Montréal (UQAM), l'Institut Armand-Frappier (IAF) et l'École de technologie supérieure (ETS) dans la région de la métropole.

L'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR) dans la Mauricie et les Bois-Francs.

L'École nationale d'administration publique (ENAP) et l'Université du Québec (UQ) à Québec.

L'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) au Saguenay, au Lac Saint-Jean, aux portes du Nord et sur une partie de la Côte-Nord.

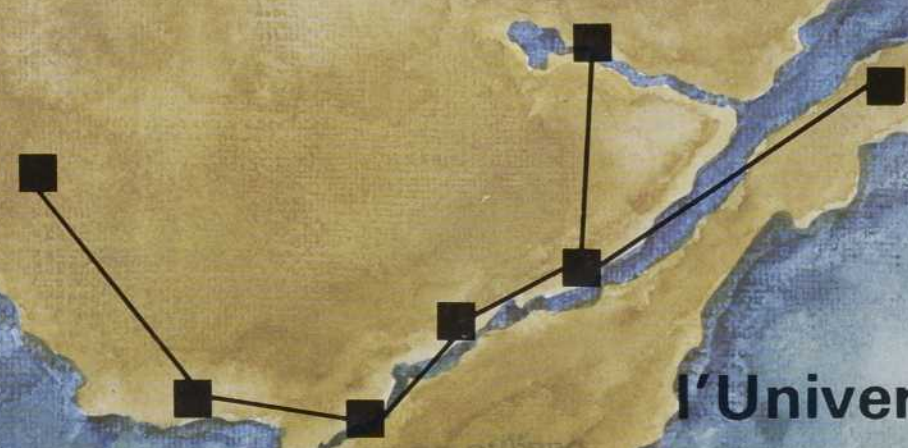
L'Université du Québec à Rimouski (UQAR) dans l'Est du Québec et sur la Côte-Nord elle aussi, de l'autre côté du fleuve.

La Télé-université (TÉLUQ) et l'Institut national de la recherche scientifique (INRS) un peu partout au Québec.

Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec:
Service de l'information,
Université du Québec, 2875 boulevard
Laurier, Sainte-Foy, Québec. G1V 2M3
Tél.: (418) 657-2234



Université du Québec



C'est tout cela,
l'Université du Québec!