

PER
A-522
EX.2

INTERFACE

LA REVUE
DE LA
RECHERCHE

MAI-JUIN 1991
VOLUME 12, NUMÉRO 3
5,00 \$



LE PROJET DU GÉNOME HUMAIN:

du défi
technologique à la
question éthique

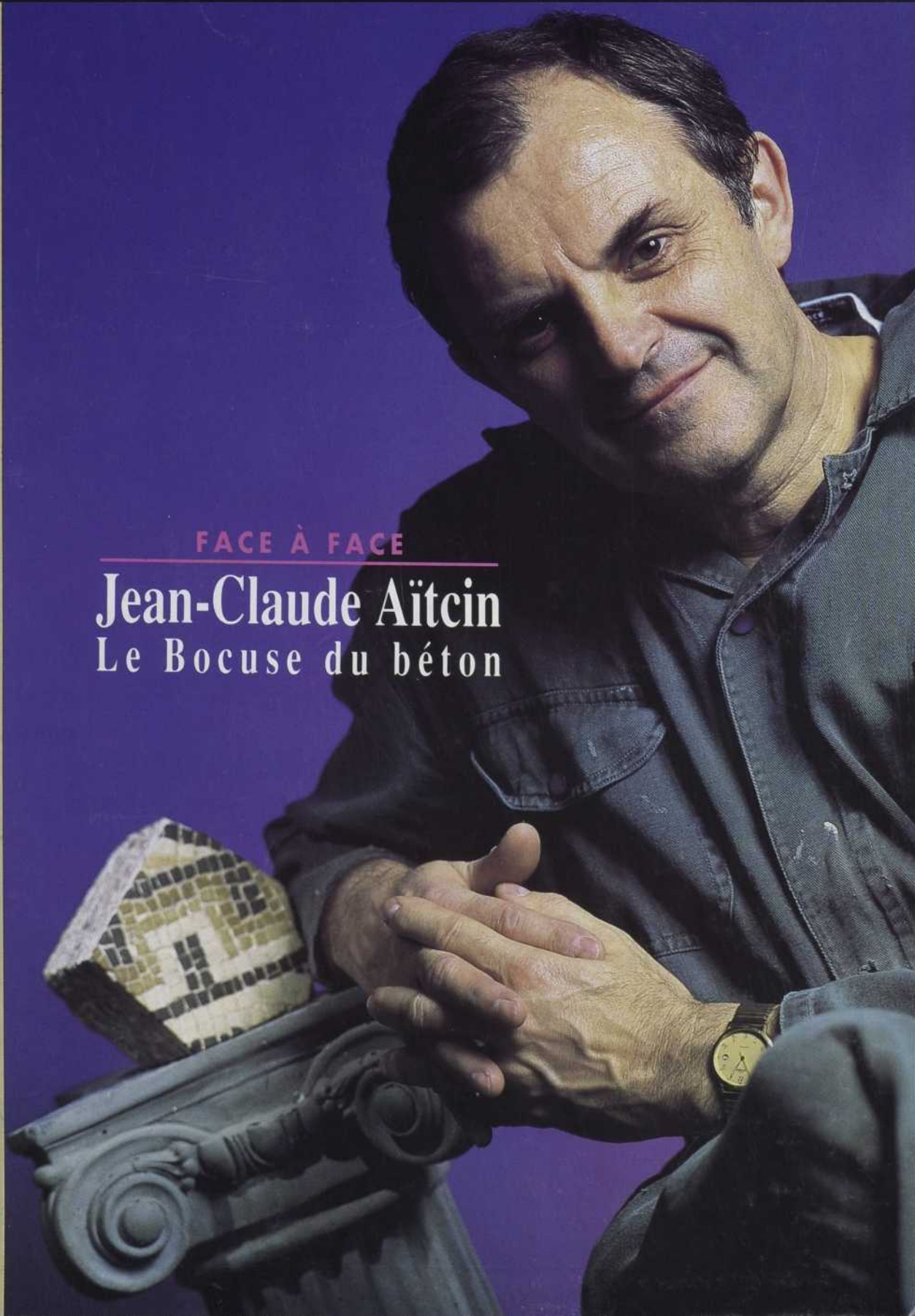


La productivité
de la recherche
scientifique au
Québec

ADRESSE DE RETOUR, CASE POSTALE 6060,
MONTREAL (QUÉ.) H3C 3A7
COURRIER DE 2^e CLASSE ENREGISTREMENT N° 6489



9 770826 486005



FACE À FACE

Jean-Claude Aïtcin
Le Bocuse du béton

Quelques nouvelles de l'Université

L'Institut de recherche en biologie végétale

Créé conjointement par la Ville et l'Université de Montréal, l'Institut ouvre ses portes en novembre 1990. Il est situé au Jardin Botanique.

Ses principaux pôles de recherche

- biologie moléculaire et génétique,
- biologie cellulaire et développement,
- systématique et phylogénie,
- écologie et aménagement des milieux urbains et péri-urbains.

L'institut veut également fournir des services à la communauté.

Pour information 872-8486

Le financement public, un outil de développement

Depuis près de 3 ans, les universités acceptent de financer une part de la recherche universitaire par voie d'appel public à l'épargne.

Jusqu'à maintenant, 4 projets de recherche pour une valeur totale d'environ 6 000 000 \$ ont ainsi été financés

- en médecine dentaire,
- en optométrie et
- en médecine vétérinaire.

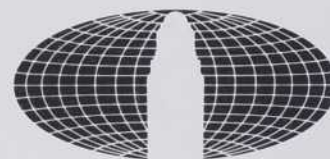
La popularité grandissante de cet abri fiscal nous porte à croire que l'Université en profitera davantage au cours des années à venir.

UdeMatik

UdeMatik est une base de données interactive accessible gratuitement partout au Québec. Elle présente la totalité des cours disponibles, les conditions d'admission, les facultés, les unités de recherches...

UdeMatik permet de faire des recherches sur les cours à partir d'un thème, d'un sujet, d'un professeur... Elle affiche le ou les programmes qui intègrent un cours.

 Université
de Montréal



UdeMatik

***UdeMatik,
c'est l'Université
sur votre bureau.***

Pour information 343-6041



S O M M A I R E

ÉDITORIAL 5

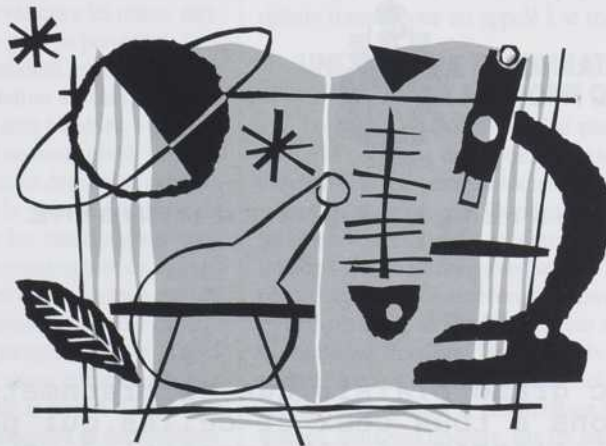
Le défi démographique du Québec et son avenir politique
Nicole Marcil-Gratton et Jacques Légaré

FACE À FACE 9

Pierre-Claude Aïtcin Guy Paquin

Le Projet du génome humain en quête d'innovations technologiques? 15

Gary W. Slater et Guy Drouin



La recherche scientifique au Québec: production et productivité de 1980 à 1988 25

Yves Gingras et Christine Médaille

MODEM 34

Le Projet du génome humain: faut-il craindre la science?

Vers un avenir réfléchi
Jean Dausset 36

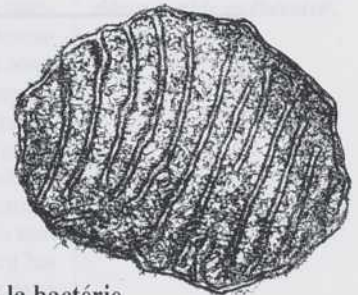
Une problématique éthique et sociale
Marcel J. Mélançon, Bruno Leclerc,
Richard Gagné et Suzanne Nootens 39

Un mouvement québécois pour la responsabilité
scientifique: le MURS-Québec
Raymond D. Lambert et Marcel J. Mélançon 43

SCIENCECLIPS

Eau potable:
du robinet à la bouteille 45

Juguler l'ostéoporose 47

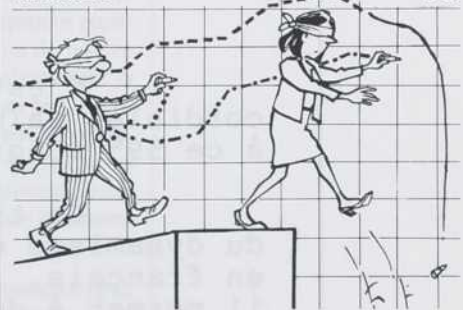


Entre la bactérie
et le virus: la mitochondrie 48

À l'écoute des personnes
handicapées et des pilotes 51

Les cercles des fermières
à l'origine du mouvement féministe 53

Des entrepreneurs qui ont la
tête dure 56



La régénération des nerfs, leur
d'espoir pour les paraplégiques 57

Le jeu de l'actualité politique 58

CHRONIQUES

TRANSFERTS 61

SCIENCE-INTER 64

BOURSES ET PRIX 69

À SUIVRE 72

SOURCES 74

CHERCHEURS RECHERCHÉS 81

INTERFACE

REVUE BIMESTRIELLE SANS BUT LUCRATIF,
INTERFACE EST PUBLIÉE À L'INTENTION
DE LA COMMUNAUTÉ SCIENTIFIQUE PAR
L'ASSOCIATION CANADIENNE-FRANÇAISE POUR
L'AVANCEMENT DES SCIENCES (ACFAS),
AVEC L'AIDE DU MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT
SUPÉRIEUR ET DE LA SCIENCE.

DIRECTRICE GÉNÉRALE DE L'ACFAS:

FRANÇOISE BRAUN

RÉDACTRICE EN CHEF:

SOPHIE MALAVOY

SECRÉTAIRES DE RÉDACTION:

JOCELYNE THIBAUT, MICHELE BLAIS

COMITÉ DE RÉDACTION:

THÉRÈSE BOUFFARD-BOUCHARD, JEAN HAMANN,
LAURENT LEWIS, DENISE PELLETIER,
ET YANICK VILLEDIEU

DIRECTION ARTISTIQUE ET PRODUCTION:

MATHILDE HÉBERT ET ANNIE PENCRECH

RÉVISION LINGUISTIQUE:

HÉLÈNE LARUE

PHOTO DE LA PAGE COUVERTURE:

GRANT SIMÉON

IMPRESSION:

RICHARD VAILLEUX INC.

LES ARTICLES D'INTERFACE PEUVENT ÊTRE
REPRODUITS SANS AUTORISATION À CONDITION
QUE L'ORIGINE EN SOIT MENTIONNÉE. POUR
TOUTE DEMANDE DE RENSEIGNEMENTS,
S'ADRESSER À L'ACFAS,
2730, CHEMIN DE LA CÔTE-SAINTE-CATHERINE,
MONTREAL (QUÉBEC) H3T 1B7,
TÉL.: (514) 342-1411, TÉLÉC.: (514) 342-9552

LA REVUE INTERFACE EST RÉPERTORIÉE
DANS POINT DE REPÈRE

COURRIER DE DEUXIÈME CLASSE,
ENREGISTREMENT N° 6489, MAI 1991
DÉPÔT LÉGAL: BIBLIOTHÈQUE
NATIONALE DU QUÉBEC,
DEUXIÈME TRIMESTRE 1991
ISSN: 0826-4864



CANADA

PRIME MINISTER · PREMIER MINISTRE

C'est avec grand plaisir que je transmets mes cordiales salutations à tous ceux et celles qui participent à ce 59^e congrès de l'ACFAS, à l'Université de Sherbrooke.

Ce très important congrès témoigne de la vitalité, du dynamisme et de l'excellence de l'activité scientifique en français. Lieu privilégié d'échanges et de rencontres, il permet à des représentants de toutes disciplines de s'y retrouver pour approfondir leurs connaissances et partager les résultats de leurs travaux.

Je vous félicite tous pour votre contribution au développement de la société canadienne et vous souhaite un congrès des plus fructueux.

OTTAWA
1991

LE DÉFI DÉMOGRAPHIQUE DU QUÉBEC ET SON AVENIR POLITIQUE

PAR NICOLE MARCIL-GRATTON ET JACQUES LÉGARÉ

Au moment où le Québec s'apprête à redéfinir son avenir politique, l'importance du défi démographique est telle que cette question doit figurer à l'avant-scène du débat. Maintenir une société culturellement distincte en Amérique du Nord ne s'envisage pas de la même façon dans un contexte de croissance ou de décroissance, surtout lorsque la population concernée ne forme déjà qu'un îlot de résistance au sein de la culture dominante qui l'environne.

LE CHOIX DE LA CROISSANCE

Certains argumenteront que la décroissance de la population n'est pas en soi un fléau; que les sociétés qui se permettent le luxe de la combattre sont les enfants gâtés de la planète; qu'il faut tout ignorer des enjeux de la croissance exponentielle de la population sur l'échiquier mondial pour oser s'inquiéter de la stagnation observée chez les mieux nantis; qu'il faut souffrir de nombrilisme pour se permettre d'investir chez soi des ressources qu'il vaudrait mieux affecter à combattre les méfaits de la surpopulation ailleurs. Les prémisses de ce genre d'argumentation sont valables, l'analyse qui en est faite fausse le débat. Nous sommes plutôt portés à croire que l'interdépendance des riches et des moins riches, à l'échelle d'un pays comme à celle de la planète, fait partie du fonctionnement des sociétés et que les solutions aux problèmes des uns ne viendront pas nécessairement de la suppression des avantages des autres. Il en est de la croissance de la population comme de l'amélioration du niveau de vie: l'équilibre résultant d'un meilleur partage demeure le seul objectif rentable, et le principe des vases communicants y pourvoira toujours mieux que celui de la chasse d'eau. Plus spécifiquement, ce n'est pas en encourageant la décroissance de la population dans le monde industrialisé qu'on aidera le monde en voie de développement à contrer les effets nuisibles d'une croissance débridée. Et cela même si certains envisagent parfois d'utiliser le trop-plein du Tiers-Monde comme cataplasme sur les générations creuses du monde occidental.

Les démographes que nous sommes n'hésitent guère à choisir pour le Québec sinon l'option d'une croissance modérée, tout au moins l'évitement de la décroissance. Dans le domaine de la population comme dans d'autres — en particulier celui de l'activité économique, qui lui est très lié —, la décroissance est souvent synonyme de manque de vitalité. Et l'enchaînement de ses effets pervers dans le temps n'est guère difficile à illustrer. Même les adeptes fervents du *Zero Population Growth*, dont les plus véhéments se sont fait valoir chez nos voisins du Sud, sont devenus silencieux lorsqu'il est apparu que l'objectif d'une population stationnaire risquait de verser rapidement sur la pente de la décroissance.

La perspective de la décroissance fait partie du paysage de nombreuses sociétés occidentales, dont les réactions à cet égard varient en fonction de leurs conjonctures propres. Mais au moment où le Québec se trouve à la croisée des chemins quant à son avenir politique, la perspective de la décroissance de sa population revêt ici une acuité particulière. Et cela, fondamentalement, parce que les enjeux de la décroissance ne sont pas les mêmes au Québec que dans le reste de l'Amé-

rique du Nord: l'on doit se poser la question de l'opportunité pour une population qui ne compte que pour 2 p. cent du grand ensemble nord-américain, de se tailler une place sur l'échiquier politique, si cette même population est vouée à plus ou moins brève échéance à perdre soit ses effectifs, soit les caractéristiques culturelles qui la distinguent, ou les deux. La question se révèle d'autant plus pressante que le virus de la décroissance semble moins vigoureux autour de nous que chez nous: l'Amérique anglophone fait plus d'enfants que nous; le vieillissement qui la guette sera plus lointain et moins aigu; les immigrants qu'elle peut se permettre d'accueillir en grand nombre adoptent rapidement sa langue, et elle retient chez elle ses citoyens anciens et nouveaux, sans perdre les investissements qu'elle a consacrés à les former et à leur assurer la santé. Sans un redressement assez solide, il apparaît aujourd'hui certain que le poids relatif de la population du Québec et de sa culture francophone est appelé à se réduire davantage.

UNE POLITIQUE DE POPULATION EFFICACE MAIS PAS À N'IMPORTE QUEL PRIX

À notre avis, le Québec ne doit pas hésiter à se doter d'une politique complète de population, axée sur les freins à la décroissance et qui mise sur toutes les composantes de l'accroissement démographique, les positives (natalité, immigration) et les négatives (mortalité, émigration). Le résultat net de l'équation doit tendre sans équivoque vers la croissance, et ce n'est pas un péché que de le reconnaître ouvertement. On a peut-être eu trop tendance au Québec à cacher ses préoccupations populationnistes derrière des objectifs d'équité ou de justice sociale: à court et à long termes, cela ne fait qu'entretenir la confusion et invite à la prolifération de jugements bien intentionnés, mais mal orientés, sur les mérites des mesures proposées. En adoptant une politique de population, le Québec devra lui attacher la visibilité nécessaire, tout en établissant clairement les limites de la priorité qu'il lui accorde face aux autres objectifs sociaux.

Si nous voulons favoriser une politique de croissance de la population, il faudra être prêts à y mettre le prix, mais cela ne signifie pas qu'il faille trouver la croissance à n'importe quel prix. Loin de nous l'idée de suggérer au gouvernement et aux démographes qui le conseillent de s'ériger en purs comptables de la croissance. Le qualitatif doit ici inspirer le quantitatif, et au-delà de leur impact sur l'évolution numérique de la population, les conséquences des mesures adoptées devront aussi être évaluées en termes de coûts financiers et sociaux. Par exemple, une saine politique de population voudra encourager les naissances désirées sans acheter le désir d'enfants; elle visera à réduire la mortalité sans inciter à prolonger indûment les années de vie sans qualité; elle cherchera à attirer des immigrants non seulement pour venir peupler un territoire, mais pour s'intégrer à une culture francophone qui leur soit attrayante et rentable; elle s'attellera à retenir les émigrants dont le départ serait lié davantage à un mouvement de *push* et de *pull*, en tentant de remédier à ce qui chez nous rend l'ailleurs plus attirant.

Par ailleurs, une politique de population qui se veut efficace ne peut l'être sans intégrer les diverses dimensions de la crois-

Nicole Marcil-Gratton et Jacques Légaré enseignent la démographie à l'Université de Montréal. Ils font partie du Groupe de recherche sur la démographie québécoise!

sance démographique comme des rouages d'un ensemble complexe: natalité, mortalité et migration sont non seulement interdépendants les uns des autres, mais ils sont aussi intimement liés à de multiples sphères des comportements humains dont la motivation première a très peu à voir avec des objectifs démographiques. D'où la tâche première, pour l'éventuelle instance gouvernementale chargée de définir la politique de population, de ne pas accaparer les leviers d'action dont les objectifs sont la plupart du temps autres que démographiques (allocations familiales, normes du travail, fiscalité, etc.), mais bien d'en assurer la cohérence du point de vue des objectifs poursuivis en matière de population.

Quel que soit le choix du Québec face à son avenir constitutionnel, il devra bien sûr tenir compte qu'il fait toujours partie d'un tout nord-américain. S'il décide d'intervenir et de se doter d'une politique de population, il ne pourra choisir d'ignorer les politiques de ses partenaires. Cependant, ceux-ci devront reconnaître, dans ce domaine aussi, sa situation particulière. Pour la première fois, au cours de la période quinquennale 1981-1986, la population du Québec s'est retrouvée avec le taux d'accroissement (1,6 p. cent) le plus faible parmi les grandes régions canadiennes, en deçà même de celui des provinces de l'Atlantique (2 p. cent): cela représente une chute inégalée de son rythme de croissance de près de 85 p. cent en 20 ans. Voilà qui devrait convaincre que l'urgence dont nous parlons n'est pas fabriquée et qu'il est futile de discuter de l'avenir politique du Québec sans simultanément prendre les mesures nécessaires pour lui assurer un avenir démographique adéquat. ■

Note

1. Les auteurs présentent ici quelques-unes des réflexions qu'ils ont soumises dans un mémoire sollicité par la Commission sur l'avenir politique et constitutionnel du Québec.

CONSEIL D'ADMINISTRATION 1990-1991 ASSOCIATION CANADIENNE-FRANÇAISE POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES

Denis Barabé, biologie végétale, botaniste, Jardin botanique de Montréal, chercheur invité, Département de sciences biologiques, Université de Montréal

Bruno Battistini, étudiant, vice-président à l'administration pour le Regroupement des étudiants en maîtrise et doctorat de l'Université de Sherbrooke (REMDUS), Faculté de médecine, Université de Sherbrooke

Hatem Bouattour, étudiant, vice-président externe, Association des étudiants aux cycles supérieurs de Polytechnique, Montréal

André Boudreau, langue et linguistique, adjoint à la vice-recteure aux ressources humaines, Université Laval, Sainte-Foy

Françoise Braun (secrétaire), directrice générale, Association canadienne-française pour l'avancement des sciences (Acfas)

Maurice Cohen, mathématiques, vice-recteur, relations institutionnelles et finances, Université Concordia

James de Finney, études françaises, vice-doyen, Faculté des études supérieures et de la recherche, Université de Moncton

Gilles Y. Delisle (1^{er} vice-président), génie électrique, vice-doyen, Faculté des sciences et de génie, Université Laval, Sainte-Foy

Michel Guindon (trésorier), administration des affaires, professeur, École des hautes études commerciales, Montréal

Pierre Hubert, génie électrique, vice-président adjoint, Systèmes de réseau, Recherches Bell-Northern limitée, Montréal

Réal L'Archevêque (président), génie électrique et électronique, vice-président, Recherche et technologie, Le Groupe SNC, Montréal

Marcienne Lévesque, psychopédagogie, professeure, Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal

Camille Limoges (président sortant), histoire et socio-politique des sciences, professeur, Centre de recherche en évaluation sociale des technologies (CREST), Université du Québec à Montréal

Guy Lusignan, éducation, professeur, Département des sciences de l'éducation, Université de Montréal

Bruno Maranda, biologie cellulaire et microscopie, Hull

Henri Navert (2^e vice-président), médecine, directeur médical, Phoenix International / Sciences de la vie, Montréal

Louise Quesnel, génie, vice-présidente, Administration et développement corporatif, Centre de recherche informatique de Montréal (CRIM)

David Reed, traduction, jurilinguiste-conseil, Institut Joseph-Dubuc, Collège universitaire de Saint-Boniface (Manitoba)

Fernand Rheault, physique, directeur, Institut national de la recherche scientifique (INRS-Energie)

Guido Rousseau, littérature comparée, professeur, Centre d'études québécoises, Université du Québec à Trois-Rivières

Jean-Pascal Souque, éducation, directeur adjoint, Musée national des sciences et de la technologie, Ottawa

Louise Thibault, nutrition, professeure, Département de diététique et nutrition humaine, Collège Macdonald, Université McGill, Montréal

Jean-Marie Demers (archiviste), biologie, professeur retraité, Département de sciences biologiques, Université de Montréal





Gouvernement du Québec


 Ministère de l'Enseignement supérieur
 et de la Science

CONGRÈS ANNUEL DE L'ACFAS

Le Congrès annuel de l'ACFAS, qui se tiendra à l'Université de Sherbrooke, du 21 au 24 mai prochain, revêt pour moi une importance particulière puisqu'il réunit notre communauté scientifique de langue française. Je me sens donc solidaire du rayonnement des activités de l'ACFAS, et je suis heureuse de l'exprimer aux membres de l'Association à l'occasion de ces assises annuelles.

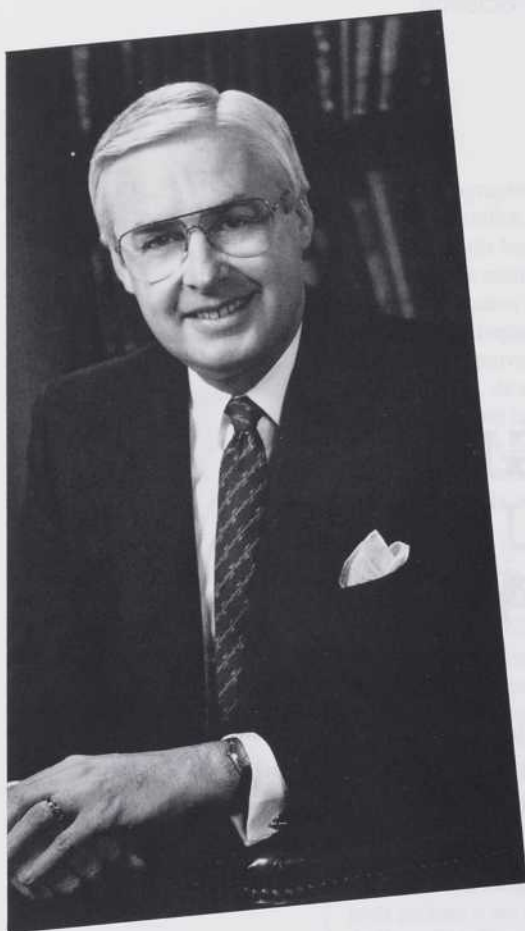
Nous disposons au Québec d'un ensemble de dispositifs qui nous permettent de nous intégrer aux grands circuits de la science contemporaine. Dans ce système de la recherche, les femmes et les hommes constituent l'élément clé du succès. Aussi je ne peux que me réjouir de constater que nous possédons un bassin de chercheuses et de chercheurs dont l'excellence est reconnue, dont la stature est véritablement internationale.

Mais pour que la recherche contribue pleinement au progrès économique et social de notre société, la collaboration entre partenaires de l'université, de l'entreprise et du gouvernement, la jonction des efforts et des ressources dans une sorte de «contrat social scientifique» apparaissent maintenant à tous les acteurs en jeu comme une absolue nécessité. C'est pourquoi je suis fière de souligner la contribution financière de mon gouvernement à la recherche scientifique.

Lucienne Robillard

Lucienne Robillard
 Ministre de l'Enseignement supérieur
 et de la Science

LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE, GARANT DE NOTRE AVENIR



Titulaire d'un ministère à vocation scientifique, je suis particulièrement bien placé pour apprécier à sa juste valeur l'apport de la recherche-développement dans les différentes sphères de la vie canadienne.

Le Canada, grâce à ses immenses ressources naturelles, jouit d'une situation enviable où développement économique rime avec mise au point de techniques et de procédés fiables, rentables et respectueux de notre environnement. À ce titre, nos multiples réalisations dans le domaine

de l'exploitation des ressources naturelles, réalisations dont nous sommes redevables à ces chercheurs et chercheuses qui oeuvrent dans nos différents laboratoires, permettent de bénéficier d'avantages uniques dans le monde industrialisé.

Dans cette optique, je suis un des premiers à reconnaître l'importance d'un événement comme le 59^e Congrès annuel de l'ACFAS, l'Association canadienne-française pour l'avancement des sciences, qui contribue à faire le point sur les nouvelles découvertes dans les secteurs des sciences de la santé, des sciences pures et des sciences humaines. Réunis à l'université de Sherbrooke, une institution qui a marqué de façon indéniable le développement culturel et intellectuel de l'Estrie, vous êtes ici pour nous transmettre un aperçu représentatif de votre immense savoir. Le thème de cette année, «La recherche scientifique, une richesse à partager», s'harmonise parfaitement avec les objectifs de mon gouvernement qui vise l'exploitation des ressources naturelles dans une perspective de développement durable.

Encore cette année, je suis persuadé que vous serez amenés à traiter des questions de changements climatiques et de réchauffement de la planète. Le secteur de l'énergie se devra d'assumer ses responsabilités dans l'élaboration et la mise en oeuvre de stratégies visant à réduire les émissions de gaz carbonique. Au Canada, nous croyons qu'une plus grande efficacité énergétique, soit par des améliorations technologiques ou par la gestion rationnelle

de l'énergie, demeure le meilleur moyen de parvenir à de bons résultats en matière de protection de l'environnement. En tant que scientifiques, vous êtes appelés à prendre une part active à la mise au point de techniques et de dispositifs efficaces dans la lutte au gaspillage des ressources naturelles et à la détérioration du milieu.

De grands bouleversements se produisent actuellement dans le monde et le Canada doit s'adapter à de nouvelles réalités. Membres à part entière du «village global», nous sommes tous préoccupés par l'avenir de notre planète. La politique énergétique et environnementale de mon gouvernement, appuyée par la science et la technologie, tend essentiellement à assurer le confort de tous les Canadiens et Canadiennes.

Vous aurez l'occasion, tout au cours de ce congrès, de débattre de questions parfois vitales pour l'avenir de l'humanité, mais nous savons que nous pouvons compter sur vos inépuisables aptitudes pour trouver des solutions à tous les problèmes qui se présentent. Comme précédemment, ce Congrès de l'ACFAS représente un jalon important dans l'évolution scientifique, tant au Québec qu'au Canada, et je ne peux qu'applaudir à la tenue d'un événement d'une telle envergure.



Énergie, Mines et
Ressources Canada

Energy, Mines and
Resources Canada

L'hon. Jake Epp,
Ministre

Hon. Jake Epp,
Minister

Canada

PIERRE-CLAUDE AÏTCIN LE BOCUSE DU BÉTON

PAR GUY PAQUIN

POUR LA PLUPART DES GENS, LE BÉTON ÉVOQUE DES CONSTRUCTIONS MASSIVES ET TERNES QUI ACCENTUENT LA GRISAILLE DES VILLES. POURTANT, CE MATÉRIAU UTILISÉ DEPUIS L'ANTIQUITÉ PEUT DEVENIR AVEC UN PEU D'IMAGINATION UN MATÉRIAU DE HAUTE TECHNOLOGIE ET — POURQUOI PAS — ESTHÉTIQUE. OR, DE L'IMAGINATION, PIERRE-CLAUDE AÏTCIN N'EN MANQUE PAS. LE DIRECTEUR DU RÉSEAU DES CENTRES D'EXCELLENCE SUR LE BÉTON À HAUTE PERFORMANCE DU CANADA ET DIRECTEUR DE LA CHAIRE INDUSTRIELLE EN TECHNOLOGIE DU BÉTON À L'UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE A RÉUSSI, EN EFFET, À «CUISINER» DES BÉTONS DE TRÈS HAUTE PERFORMANCE. DE LA FINE CUISINE... BÉTONNIÈRE

Pierre-Claude Aïtcin est le Bocuse du béton. Peu d'ingénieurs civils au monde connaissent aussi bien que lui ce mélange de ciment, d'eau, d'air, de granulats et d'adjuvants divers. Personne non plus n'a mis un tel effort, pendant près de 25 ans de recherche, à débarrasser le béton de l'ingrédient qui l'affaiblit le plus, l'eau, et à y introduire des constituants étranges et révolutionnaires, comme les «superplastifiants», afin d'en augmenter la résistance et la durabilité.

La nouvelle cuisine bétonnière d'Aïtcin a porté fruit. Utilisant au début des recettes de superplastifiants japonaises, allemandes et italiennes, il a raffiné le plat, obtenant des bétons dont la résistance à la compression pulvérise tous les records: 150 mégapascals en laboratoire et 119 en chantier. Du jamais vu! Il a laissé ses concurrents sur la ligne de départ et tous les jours, avec son équipe de l'Université de Sherbrooke, il augmente son avance.

Ne demandez pas à Aïtcin d'où lui vient son amour (il n'y a pas d'autre mot) pour ce qu'il appelle affectueusement le «pouding». Coup de foudre, comme pour toutes les grandes passions. «Je suis d'une assez modeste famille d'origine basque. À la roulette des grandes écoles d'ingénierie françaises, je me suis retrouvé en hydraulique à l'Institut national des sciences appliquées de Toulouse. Et là, j'ai eu un cours sur le béton. Ça y était!»

En effet, le jeune Aïtcin se précipite alors à la bibliothèque, pour y lire que le béton est le noble matériau d'un grand artiste comme Le Corbusier, que c'est aussi à un Français, Henry Le Chatelier, qu'on doit les lois d'équilibre physico-chimique appliquées à la réaction d'hydratation du ciment Portland, que le précontraint est la création d'un autre Français, Eugène Freyssinet... Bref, il se dit qu'un jeune ingénieur français voulant s'intéresser au béton trouverait à s'inscrire dans un très honorable lignage.

Chez Pierre-Claude Aïtcin, le culte du plus répandu des matériaux modernes s'accompagne d'une solide culture. En matière de béton et de ciment, c'est un véritable expert. «On trouve des ciments mêlés de granulats chez les Grecs et les Romains. L'aqueduc romain de Cologne est partiellement fait de béton, comme le Panthéon à Rome. On retrouve ce matériau en Phénicie et à Carthage. D'ailleurs...»

Là, notre ingénieur se lève et contourne son bureau pour aller chercher sur une tablette un étrange pavé de quelque 15 centimètres d'épaisseur. Pierre-Claude Aïtcin, transformé pour un instant en archéologue, explique: «Ça, c'est un fragment du plancher d'une villa carthaginoise. Au-dessus, une belle mosaïque et en-dessous, deux couches de bétons, comportant les mêmes ingrédients mais dans des proportions différentes. On trouve là un ciment fait de chaux, de sable et d'eau auquel on a ajouté des tessons de poterie récupérés dans un atelier voisin. Ces tessons sont le pendant antique des additifs minéraux modernes. Nous n'avons qu'amélioré le mélange.»

Va pour l'intérêt historique, mais quel est donc l'intérêt scientifique du «pouding»?

«Ce qui est fascinant, c'est que, sous des dehors de préparation pour soupe instantanée — une poudre additionnée d'eau —, on trouve un vaste complexe de réactions chimiques entre quatre sels de calcium, l'eau, l'air et du gypse. Les réactions varient grandement selon la composition du mélange, le dosage des proportions et le temps de prise. Ajoutez au ciment des granulats, des adjuvants minéraux et des polymères, et vous obtenez, grâce à une gamme très large de propriétés physiques, autant de types de bétons que vous souhaitez d'applications sur le chantier.»

LA CHAIRE INDUSTRIELLE EN TECHNOLOGIE DU BÉTON

Créée en avril 1989, la Chaire industrielle en technologie du béton de l'Université de Sherbrooke est un des meilleurs exemples de collaboration réussie entre le milieu de la recherche universitaire et l'industrie. À première vue, le succès de l'entreprise semble aller de soi puisqu'on y travaille sur le béton, produit éminemment commercialisable.

«C'est tout sauf évident, de corriger le titulaire et fondateur de la chaire, Pierre-Claude Aïtcin. Tout d'abord, nous ne sommes pas là pour faire des affaires, mais pour parler de science aux industriels du milieu du béton. Chaque participant, chaque participante doit donc accepter de débattre ses problèmes devant ses concurrents et surtout se mettre une chose dans la tête: il y a une grande différence entre les solutions miracles trouvées en un temps record et la véritable investigation scientifique, qui est une affaire de patience.

«Ensuite, il y a les problèmes d'embauche. Le Québec produit déplorablement peu d'étudiants à la maîtrise et au doctorat en génie. Avec le peu d'argent qu'on leur accorde pour étudier, je les comprends, mais ça ne règle pas mon problème. Et si je dois aller chercher un collaborateur ou une collaboratrice à l'étranger, le ministère de l'Immigration y met tellement de tracasseries qu'il me faut parfois un an et demi pour faire entrer la personne de mon choix.

«Enfin, bien que la chaire soit dotée d'un bon soutien financier, je n'ai pas le droit d'utiliser un seul sou pour du personnel administratif. Un casse-tête!

«Heureusement, la chaire comporte des avantages incomparables. Le nombre de partenaires industriels augmente, signe que l'idée de la recherche scientifique fait son chemin chez eux, surtout chez les personnes qui embauchent déjà des ingénieurs.

«Je pense aussi que la chaire peut amener plus de chercheurs à comprendre qu'ils ont des responsabilités en matière de développement technologique et économique. Et puis, la chaire est l'occasion pour les jeunes membres de l'équipe de se former aux problèmes industriels et aux attitudes des entrepreneurs. Cela seul est inestimable.»

SHERBROOKE, 1967

Une fois contaminé par le virus du béton, le jeune Aïtcin termine en 1965, au laboratoire de minéralogie de la Faculté des sciences de Toulouse, sa thèse de doctorat. Ses travaux portent sur le recyclage de laitiers de hauts fourneaux — des sous-produits de l'industrie métallurgique — dans le béton. Il a compris que si les Carthaginois ajoutaient des tessons de poterie et les Romains des cendres volcaniques à leurs bétons, il est aujourd'hui possible de remplacer ces ingrédients par des sous-produits industriels chimiques. On accorde donc son diplôme à notre ingénieur.

Ainsi nanti de sa spécialisation toute française, Aïtcin allait-il devenir le nouveau crack du génie civil environnemental avec sa thèse sur le recyclage des sous-produits industriels? «Pas du tout, rétorque-t-il. On était à la veille de mai 68, au plus sclérosé de la hiérarchie universitaire française. Moi qui me mourrais de faire de la recherche, il m'aurait fallu attendre 15 ou 20 ans avant de pouvoir avoir mon tour. Je n'avais pas encore, en 1965, la possibilité de me défouler sur les barricades comme beaucoup de jeunes de ma génération le firent. Alors, tout de suite après mon service militaire, en 1967, j'ai choisi l'exil. Serais-je resté, on m'aurait vu lancer des pavés, je vous le jure!»

Mais il choisit le Québec — Sherbrooke — où on lui offre une charge de professeur adjoint à la Faculté des sciences appliquées. En principe, il doit enseigner l'hydraulique, mais rapidement, il profite de la grande liberté de manoeuvre qu'offrent les universités nord-américaines pour... retomber dans le béton. Pour découvrir, au long de 12 années d'une interminable traversée du désert, que, si les universités québécoises sont prêtes à mettre tous leurs modestes moyens au service du chercheur, l'industrie, elle, le regarde comme un chien égaré dans un jeu de quilles.

«Je m'étais mis dans la tête d'améliorer la performance du béton en y additionnant des sous-produits industriels québécois que l'on ne traitait pas encore (on se contentait de les entasser). J'ai commencé avec un petit 1 500 dollars, reste de subvention qu'un collègue m'avait généreusement cédé. Quand je proposais mes idées, les industriels me recevaient, mais ils me laissaient poireauter assez longtemps pour que je m'aperçoive enfin que ça ne les intéressait absolument pas. C'était ma première — et très dure leçon — sur le peu de cas que les industriels nord-américains faisaient alors des chercheurs universitaires.»

Mais Pierre-Claude Aïtcin se cramponne. Il continue à chercher. Et quand ce qu'il nomme «la chance de ma vie» se présente, il est prêt. «Un jour, j'apprends que le producteur de silicium SKW, de Bécancour, a des démêlés avec le ministère de l'Environnement. Les fumées de silice sont mal confinées dans un étang de sédimentation et la compagnie est sommée de trouver une autre façon d'éliminer ses résidus. Dans les circonstances, il ne m'est pas trop difficile alors de convaincre le président de SKW qu'on peut récupérer ces fumées et les incorporer au béton pour en faire un matériau plus imperméable, plus résistant et plus durable. C'est là une avenue de recherche intéressante pour le laboratoire comme pour la compagnie.»

Bienvenue à

SKW accepte. Aïtcin applique sa vaste connaissance fondamentale du problème à un cas concret et met au point une recette de béton à la fumée de silice. La compagnie commence par tester elle-même ce béton dans sa propre usine. Les résultats sont si concluants que la demande pour les fumées se répand lentement, mais sûrement. Dans les milieux québécois du béton et des cimenteries, le nom de Pierre-Claude Aïtcin circule rapidement.

Ce dernier devient ainsi, au cours des années 1980, un consultant très écouté auprès de l'industrie. Son laboratoire s'agrandit, et de plus en plus de chercheurs et d'étudiants viennent se barbouiller de «pouding» en compagnie d'Aïtcin. Parallèlement, les techniques d'analyse de ce colloïde hyper-complexe qu'est le béton se raffinent: rayons X, fluorescence X, analyse thermopondérale, microscopie électronique, etc. Les sujets de recherche se complexifient et bientôt, l'équipe de M. Aïtcin s'attaque, avec un collègue du Département de chimie, Carmel Jolicoeur, au plus beau problème moderne concernant le béton: les superplastifiants.

UN GRAIN DE CIMENT DANS UN GANT DE POLYMÈRE

Les grains microscopiques de ciment sont souvent très chargés électriquement. Agissant comme des particules ionisées, ils ont tendance à s'associer en petits flocons lorsqu'on les met en contact avec de l'eau. Cela nuit au mélange, qui devient granuleux au lieu d'être homogène et fluide. De plus, les flocons ainsi formés créent des enclaves tridimensionnelles qui retiennent l'eau. Cette dernière ne peut alors plus lubrifier le mélange si bien que, pour obtenir un béton maniable, on doit ajouter beaucoup plus d'eau qu'il n'en faut normalement pour hydrater les grains de ciment. Or, l'eau est l'ennemi du ciment en ceci qu'elle l'affaiblit. Comment empêcher le ciment de flocculer? En utilisant des adjuvants chimiques, soit des polymères à base de mélamine ou de naphthalène sulfonate. Ces polymères vont se lier aux charges positives à la surface des grains de ciment, les couvrant d'un revêtement négatif. Ainsi gantées, les particules se repoussent les unes les autres, apportant une meilleure homogénéité au mélange. Plus de floculation et, en prime, une lubrification assurée non par l'eau, mais par les polymères! Donc, un béton plus résistant en compression.

Théoriquement, voilà qui semble simple. Mais pour ce qui est de produire un polymère à chaîne assez longue et assez stable pour faire le travail, c'est une autre histoire. Les longues chaînes chargées ont tendance à se replier sur elles-mêmes et à former des pelotes plutôt que des rubans. La compagnie Les produits chimiques Handy, de Laprairie, en sait quelque chose: en 1984, fatiguée de voir les Japonais lui souffler son marché, elle fit appel à Pierre-Claude Aïtcin et à Carmel Jolicoeur, car elle n'arrivait pas à produire un polymère industriel satisfaisant.

Notre chercheur ne peut bien sûr révéler comment il régla le problème, question de confidentialité de la recherche industrielle. Mais on sait que, sortant hardiment du laboratoire, il produisit sur le chantier de construction de la tour de La Laurentienne un pilier de béton qui supportait 119 mégapascals



Pilier de béton dans la tour de La Laurentienne, pouvant supporter jusqu'à 119 mégapascals.

alors que les bétons ordinaires n'en portaient que 35. Succès mondial pour les superplastifiants Handy et reconnaissance internationale pour l'ingénieur de Sherbrooke.

Depuis 1986, Pierre-Claude Aïtcin reçoit de nombreuses subventions des industriels. On l'a nommé titulaire de la chaire industrielle sur le béton de l'Université de Sherbrooke en 1989 et, en 1990, il fonda le Réseau des centres d'excellence sur le béton à haute performance du Canada, réseau qu'il dirige toujours. Il est d'ailleurs le seul chercheur francophone du Canada à occuper un tel poste.

DU CHERCHEUR À L'ENTREPRENEUR

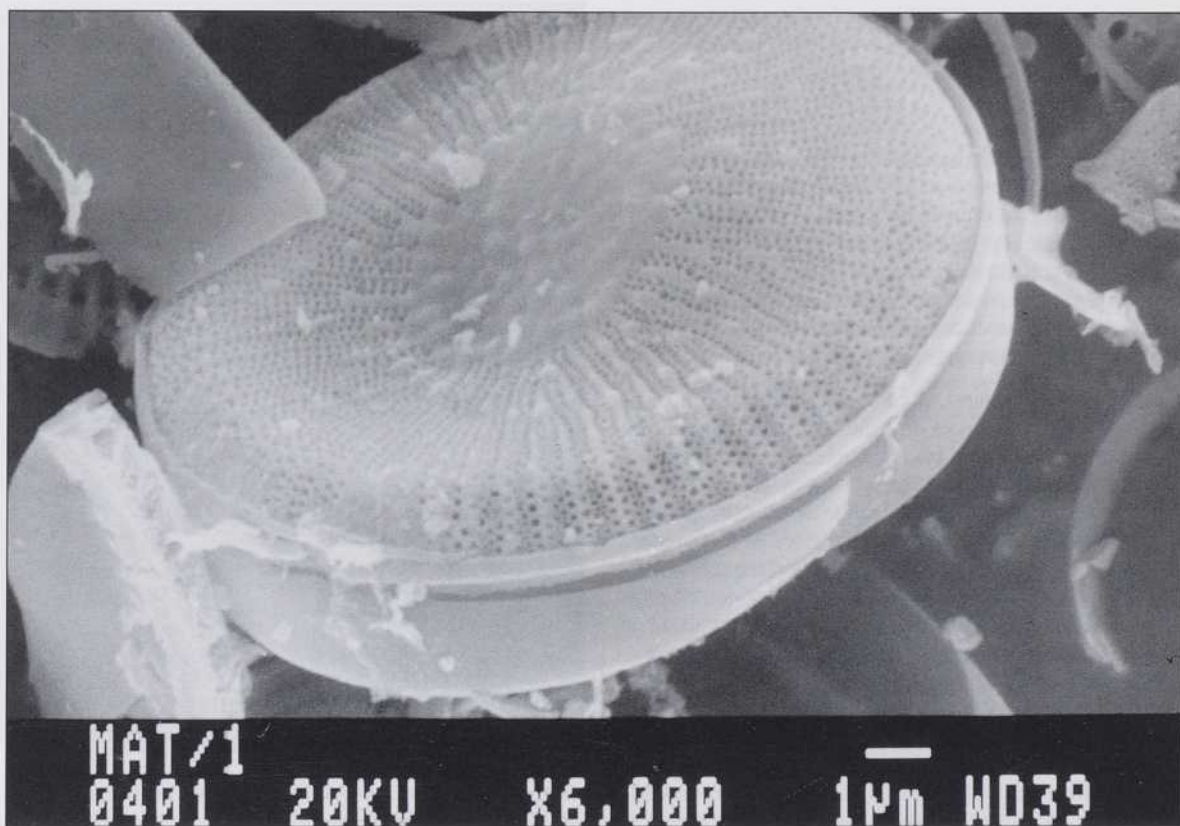
Devenu P.-D. G d'une PME de recherche qui emploie 42 personnes, Pierre-Claude Aïtcin n'a plus souvent l'occasion d'enfiler sa salopette et ses bottes de caoutchouc pour aller barboter dans le laboratoire. Il regrette certes de ne plus être sur la première ligne de feu, mais la fonction d'entrepreneur de la recherche est loin de le rebuter. «J'ai mis longtemps à convaincre les gens d'affaires des bienfaits de la recherche, mais, à force de me frotter à eux, je crois avoir acquis un bon sens de l'organisation et le flair pour distinguer les avenues de recherche qui présentent le plus d'intérêt. Et il faut bien que je sois devenu un bon vendeur puisque parmi les 42 personnes qu'emploie le laboratoire, l'Université n'en paie que six. Les autres vivent de fonds privés ou de subventions de recherche.»

Entrepreneur donc et fier de l'être. «Admettons tout de suite que l'État et le secteur privé québécois, canadien et nord-américain en général pourraient faire bien davantage pour la recherche. Mais ceci dit, les chercheurs, les scientifiques ont aussi un bon bout de chemin à faire. Les sous, il faut les demander. Il faut savoir communiquer ses projets, montrer aux industriels quel intérêt peuvent avoir les résultats de nos travaux. Les scientifiques doivent apprendre à sortir de leur tour d'ivoire et à se mettre dans la peau des gestionnaires.»



Tour de La Laurentienne.

Diatomée vue au microscope électronique à balayage.



Notre entrepreneur de la recherche pourrait jouer les bourgeois de travail et faire des journées de 16 heures, ce qui lui arrive parfois. Il suffit de passer une heure dans son bureau pour saisir à quel point ses fonctions d'administrateur l'accaparent: paperasse, colloques et conférences, chefs d'entreprises au téléphone, collègues qui sollicitent un coup de pouce et tout ça pour avant-hier! Mais quand la mesure est pleine, comme aujourd'hui — jeudi et veille d'une longue fin de semaine —, Pierre-Claude Aïtcin, à 16 heures, ramasse son manteau, lance à sa secrétaire qu'il n'est plus là et se carapate par la sortie d'urgence en disant au journaliste que la terre ne va pas s'arrêter de tourner s'il se paie une sortie au théâtre à Montréal avec sa femme! Et le journaliste de se rappeler que cet homme a, sur un mur de son bureau, un petit écriteau où on peut lire que «les cimetières sont remplis de gens qui se croyaient indispensables». L'infarctus, à d'autres.

À part le théâtre, le squash et le jogging qui, visiblement, le gardent dans une forme superbe, Pierre-Claude Aïtcin a deux autres sorties d'urgence: les voyages et l'histoire. Globetrotter, il est membre du Club des aventuriers et, comme une plaque en fait foi, il a traversé le cercle polaire pour étudier — cela va de soi — le comportement du béton à Nanisivik, dans les Territoires du Nord-Ouest. Il est sûrement l'ingénieur civil le plus au fait de questions comme le mûrissement du béton dans l'eau de la mer, l'état des ancrages injectés dans le roc gelé, l'utilisation de béton congelé, sa résistance à l'abrasion des glaces, etc.

Et quand viendra le moment de la retraite, le voyageur se livrera tout entier à sa passion pour l'histoire, à sa manière bien particulière. «Je veux faire une sorte de seconde carrière comme archéologue amateur. J'imagine ça comme ça: on fait des fouilles, on déterre un bout de mur ou de plancher, du

mortier, du ciment... du béton! On appelle Aïtcin et on lui demande: en quoi c'est fait? Où ont-ils pris le sable? Comment ont-ils fabriqué la chaux? D'où sortent les granulats? Quelle est la ressemblance entre ce béton et celui fait en telle année à tel endroit?»

Le chercheur, ici, rêve et ne rêve pas. Il a déjà répondu à de telles questions. Quand la Ville de Montréal, lors de fouilles récentes à la Place Royale, berceau de la ville, est tombée sur le premier mur de pierre et de mortier de la métropole, on a appelé le grand-prêtre du béton: nos ancêtres faisaient-ils venir la chaux de France? Y avait-il des carrières sur l'île de Montréal? Quelle technique de fabrication du mortier utilisaient-ils? Notre archéologue a bien des hypothèses — «transporter la chaux à fond de cale, j'en doute, trop humide; la pier-raille, elle, comme lest, ça va toujours, mais pas la chaux...». Cependant, seule une expertise complète donnera des réponses sûres.

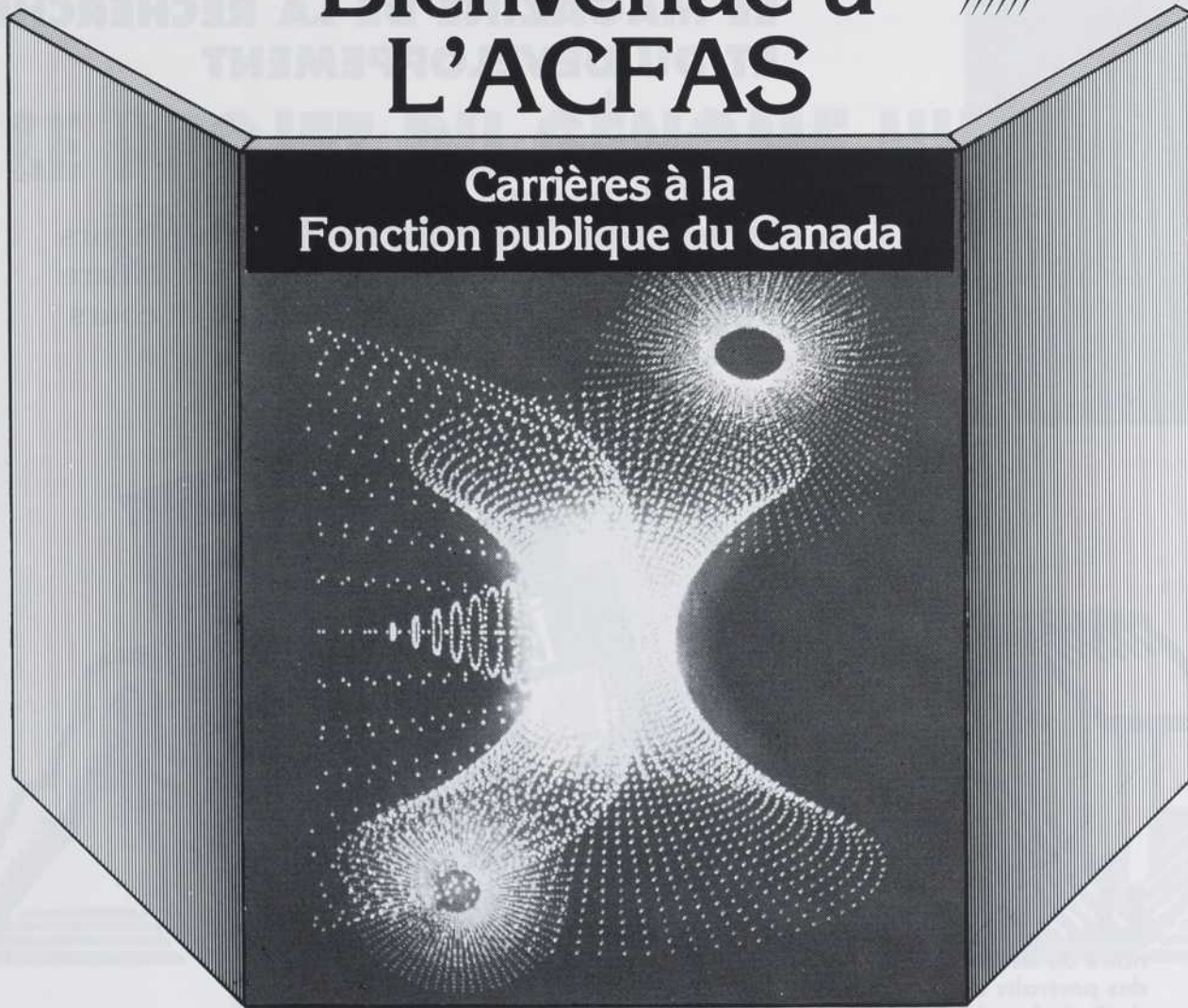
En attendant la retraite, il se garde jeune d'une autre manière: en cultivant le contact avec les étudiants. «Vous ne pouvez pas savoir à quel point le contact des gens jeunes, curieux et intelligents me fait du bien. Enseigner le génie est un plaisir parce que, à cause d'un récent passé campagnard, les gens ont gardé un côté bricoleur, "patenteux", qui en fait de très bons chercheurs. Les filles sont aussi débrouillardes que les garçons, en plus précis, plus méticuleux.»

Nous faisant l'honneur d'une visite de ses labos, il saluera en souriant chacun et chacune de ses jeunes marmitons, nous les présentant avec une légitime fierté, finissant par exhiber de remarquables photos — prises au microscope électronique — de terre à diatomées qu'il se propose d'incorporer au béton, en s'exclamant: «N'est-ce pas que c'est "trippant", le béton!» ■

Bienvenue à L'ACFAS



Carrières à la Fonction publique du Canada



Du 21 au 24 mai à l'Université de Sherbrooke à Sherbrooke (Québec), la Fonction publique du Canada vous invite à visiter son kiosque à l'occasion du 59^e congrès de l'ACFAS. Pourquoi ne pas venir discuter des possibilités de carrière qu'offre la Fonction publique du Canada avec des représentants de quelques ministères fédéraux ?

Certains ministères sont à la recherche de professionnel(le)s francophones dans plusieurs disciplines scientifiques. Des organismes tels que Revenu Canada - Impôt, Agriculture Canada, Travaux publics Canada, Pêches et Océans Canada, Santé et Bien-être social Canada et Statistique Canada seront représentés.

De plus, la Commission de la fonction publique acceptera votre demande d'emploi afin de

l'étudier et de l'inclure dans son répertoire national de candidats, répertoire auquel se réfèrent les ministères fédéraux lorsqu'ils doivent recruter hors de la fonction publique. Si vous ne pouvez venir nous rencontrer au 59^e congrès de l'ACFAS, faites parvenir votre demande d'emploi, en indiquant la référence ACFAS-1991, à : M. Jean-Pierre Bissonnette, Commission de la fonction publique du Canada, 171, rue Slater, 2^e étage, Ottawa (Ontario) K1A 0M7. Téléphone : (613) 996-8228.

Jean-Pierre Bissonnette

Canada



Commission de la fonction publique
du Canada

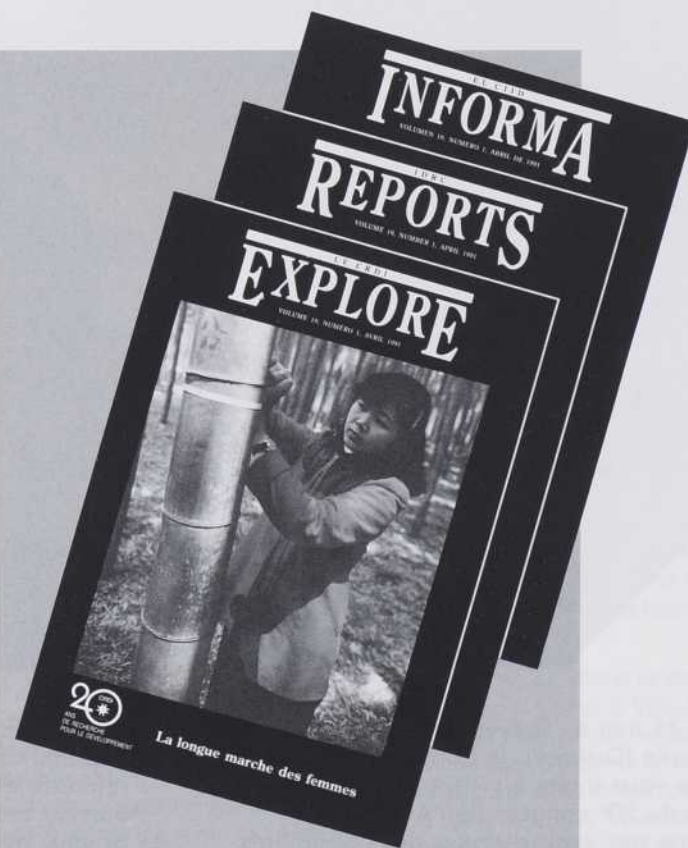
Public Service Commission
of Canada



LE MAGAZINE DE LA RECHERCHE ET DU DÉVELOPPEMENT

Le CRDI Explore est l'outil indispensable pour tous ceux qui cherchent à mieux connaître les défis relevés par les chercheurs des pays en développement. La revue illustre des cas concrets de développement en cours dans les pays du Sud. Elle offre :

Une vision multidisciplinaire du développement, des portraits de chercheurs du Sud, des résultats de recherches et des études de cas, des commentaires rédigés par des experts des relations Sud-Nord, des livres, des idées, des adresses...



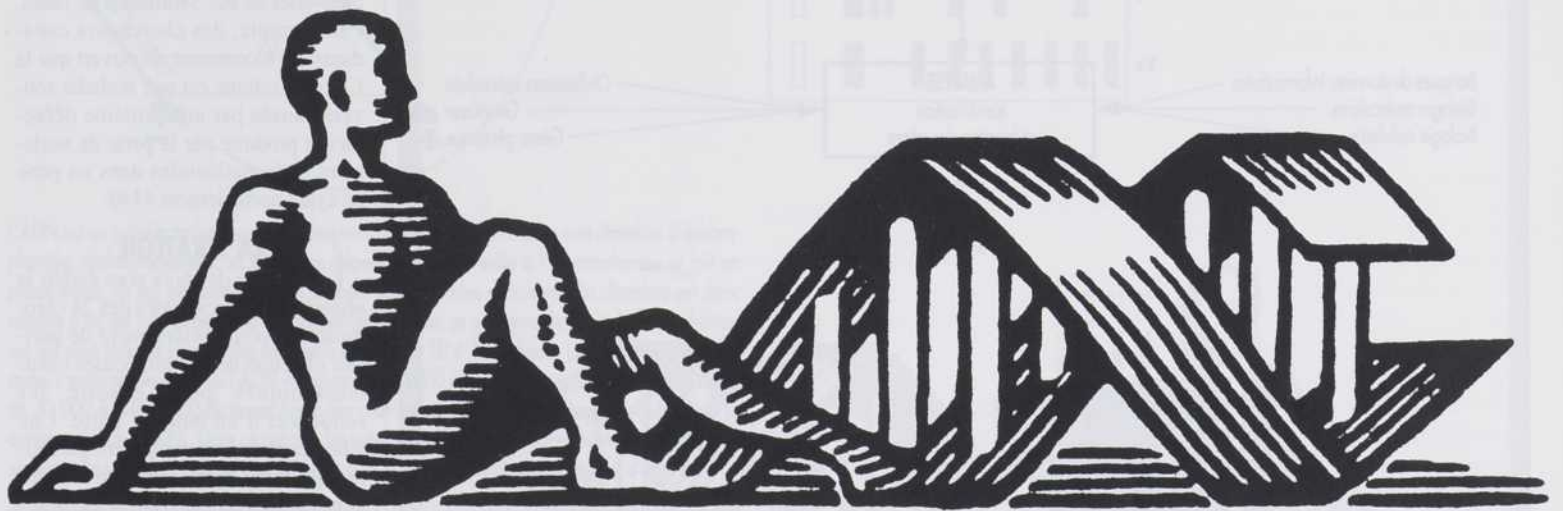
Le Centre de recherches pour le développement international (CRDI) subventionne la recherche dans des pays en développement pour les aider à trouver des moyens d'améliorer les conditions de vie de leur communauté.

Le CRDI Explore est publié trimestriellement en français, en anglais et en espagnol. L'abonnement est gratuit pour les lecteurs des pays en développement qui se qualifient. Il est de 16 dollars canadiens par an pour les lecteurs des pays développés.

Pour toute demande de renseignements sur l'abonnement au CRDI Explore, écrivez à la Division des communications, CRDI, BP 8500, Ottawa, Ontario, Canada, K1G 3H9. Veuillez joindre à votre demande votre nom, votre titre et l'adresse complète de votre organisation. Tous les abonnés recevront en prime le catalogue des publications du CRDI.

LE PROJET DU GÉNOME HUMAIN EN QUÊTE D'INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES

PAR GARY W. SLATER ET GUY DROUIN



LE PROJET DU GÉNOME HUMAIN COMPREND ESSENTIELLEMENT QUATRE ÉTAPES: LE RAFFINEMENT DE LA CARTE GÉNÉTIQUE EXISTANTE, LA CONSTRUCTION D'UNE CARTE PHYSIQUE CONSTITUÉE DE CLONES DE FRAGMENTS D'ADN, LE SÉQUENÇAGE DE CES CLONES ET, ENFIN, L'ANALYSE DES SÉQUENCES OBTENUES. AVEC LES DÉVELOPPEMENTS TECHNOLOGIQUES AUXQUELS NOUS ASSISTONS PRÉSENTEMENT, EN PARTICULIER DANS LE DOMAINE DE L'ÉLECTROPHORÈSE, LES TROIS PREMIÈRES ÉTAPES DEVRAIENT ÊTRE COMPLÉTÉES D'ICI 15 OU 20 ANS, ALORS QUE LA DERNIÈRE GARDERA LES BIOLOGISTES OCCUPÉS PENDANT DES SIÈCLES!

GARY W. SLATER EST PROFESSEUR AGRÉGÉ AU DÉPARTEMENT DE PHYSIQUE DE L'UNIVERSITÉ D'OTTAWA ET MÈNE DES RECHERCHES EN PHYSIQUE STATISTIQUE DES MACROMOLÉCULES BIOLOGIQUES ET SYNTHÉTIQUES. **GUY DROUIN** EST PROFESSEUR ADJOINT AU DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE DE LA MÊME UNIVERSITÉ ET SES TRAVAUX PORTENT SUR L'ÉVOLUTION DES GÈNES.

Le développement rapide des techniques pour cartographier, cloner et obtenir les séquences de l'ADN qui constituent les chromosomes des organismes vivants, a récemment décuplé les ambitions généralement modestes des biologistes. Ceux-ci, habitués à décoder les gènes un à un, veulent maintenant, avec le Projet du génome humain, lire la totalité du matériel génétique nécessaire

au développement et au fonctionnement d'un être humain (*encadré*). Quoique ces ambitions s'appuient sur des connaissances solides acquises durant les 10 dernières années, les chercheurs devront encore faire des progrès majeurs en biochimie, en chimie, en physique, en informatique et en robotique. Par exemple, même si l'amélioration remarquable du pouvoir de résolution de l'électrophorèse

sur gel d'agarose a récemment permis d'entreprendre la construction de la carte physique du génome humain, on ne pourra commencer son séquençage systématique tant qu'on n'aura pas progressé autant du côté de l'électrophorèse sur gel de polyacrylamide.

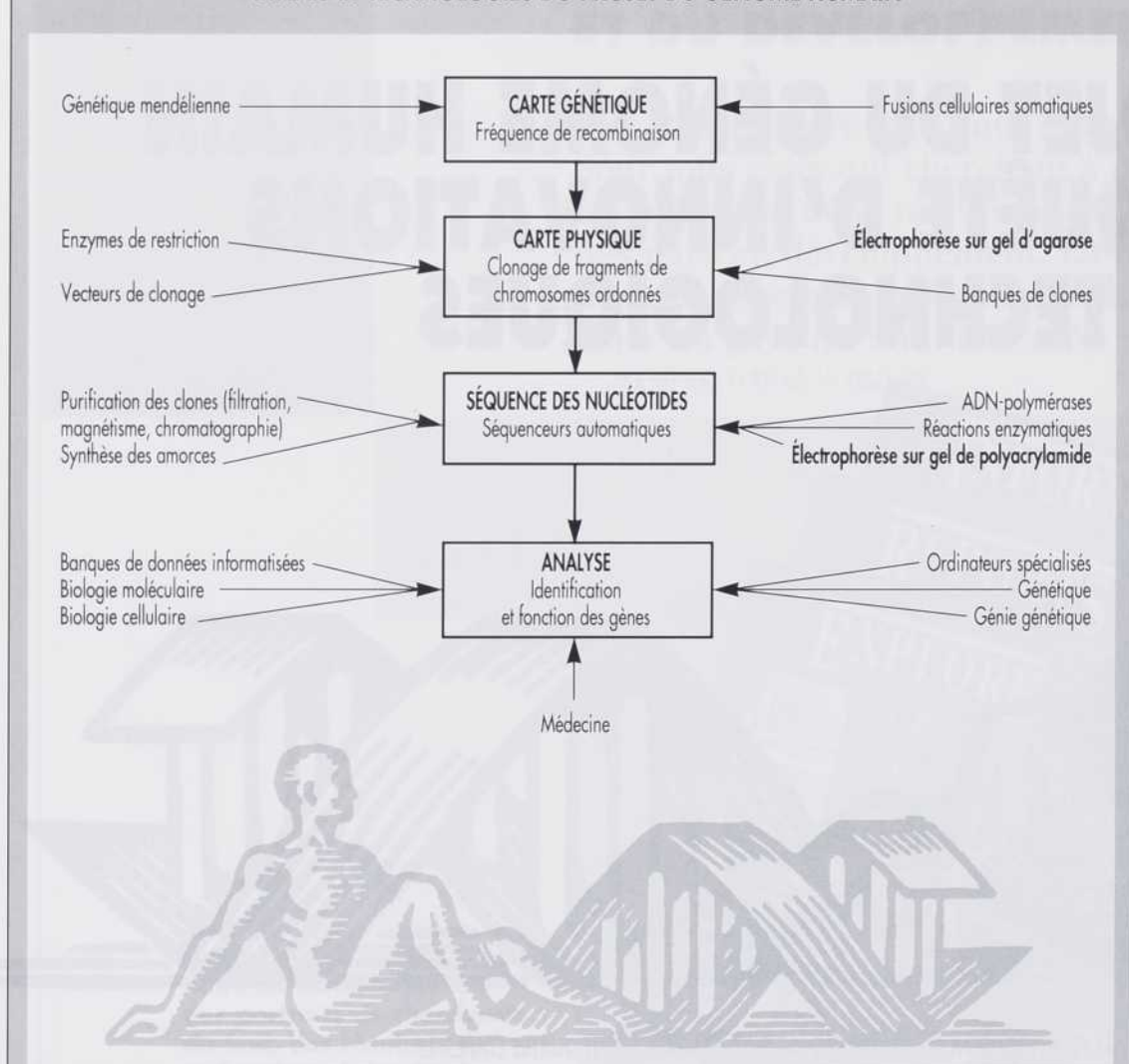
Dans cet article, nous présentons en premier lieu le but et la stratégie du Projet du génome humain, puis nous exa-

minons plus en détail les acquis récents dans le domaine de l'électrophorèse.

LE PROJET

Le but de ce mégaprojet est d'abord d'établir une carte physique précise des 24 chromosomes humains (22 chromosomes autosomaux et 2 chromosomes sexuels) qui composent notre génome, pour ensuite établir la séquence de leurs nucléotides.

ÉTAPES ET TECHNOLOGIES DU PROJET DU GÉNOME HUMAIN



La technique générale utilisée à chacune des quatre étapes du Projet du génome humain est indiquée ici avec plusieurs des techniques utilisées.

Le but de la *cartographie génétique* est d'établir l'ordre de plusieurs gènes sur chacun des chromosomes humains. Ces gènes serviront de points de repère pour établir la carte physique. Ces cartes sont construites en observant l'héritabilité des gènes de génération en génération. Si deux gènes d'un des parents sont très près l'un de l'autre sur un même chromosome, ils seront transmis ensemble à tous les enfants de cet individu. Par contre, si ces deux gènes sont loin l'un de l'autre sur un même chromosome, une certaine proportion des enfants de cet individu n'obtiendront pas ces deux gènes. La fréquence à laquelle les enfants d'un individu obtiennent deux gènes de façon simultanée est donc une mesure de la distance qui les sépare. Les unités des cartes génétiques sont les centimorgans (cM), du nom du généticien américain Thomas Hunt Morgan. Un cM représente une chance de 1 p. cent que deux gènes soient séparés par recombinaison dans la génération suivante. On sait maintenant que, chez les humains, 1 cM correspond à environ un million de bases. La carte génétique humaine existante contient des gènes qui se retrouvent à environ tous les 10 cM le long des chromosomes. Les généticiens sont en train d'identifier de nouveaux gènes de façon à augmenter la résolution de cette carte à 1 cM. La fusion cellulaire somatique est une des techniques spécialisées qui permettent de déterminer le chromosome humain spécifique sur lequel un gène particulier est situé.

La *carte physique* sera constituée de l'ensemble des fragments de chromosomes humains clonés dans des vecteurs de clonage à l'aide d'enzymes de restriction. L'électrophorèse sur gel d'agarose est la technique principale utilisée pour isoler, cloner et déterminer l'ordre de ces fragments le long des chromosomes.

Le *séquençage* de tous les nucléotides qui constituent le code génétique entreposé dans les chromosomes humains, sera l'étape la plus instructive du Projet du génome humain : elle nous révélera le message génétique nécessaire au développement et au fonctionnement d'un être humain. Elle promet aussi d'être la plus longue et la plus onéreuse. Par contre, des innovations technologiques dans les techniques indiquées, spécialement en ce qui concerne l'électrophorèse sur gels de polyacrylamide, pourraient rendre cette étape réalisable en moins de 10 ans.

L'*identification* des gènes humains à partir du code génétique nécessitera l'utilisation conjointe d'ordinateurs puissants et de techniques expérimentales de plusieurs domaines de la biologie.

Chaque chromosome est une molécule d'ADN en double hélice. Si l'ADN avait un diamètre de 1 cm, la longueur totale des 24 chromosomes mis bout à bout serait de 5000 km et les 3 milliards de nucléotides (ou bases) que l'on veut répertorier se succéderaient à tous les 1,6 mm! Il n'y a que 4 types de nucléotides — l'adénine, la cytosine, la guanine et la thymine (représentées par les lettres A, C, G et T) — et leur ordre spécifique constitue l'information génétique nécessaire à la formation et au fonctionnement d'un être humain. Les maladies génétiques humaines sont fréquemment le résultat de la perte ou du changement de l'ordre d'à peine quelques-unes de ces 3 milliards de bases. Par exemple, des chercheurs canadiens ont récemment découvert que la fibrose kystique est une maladie souvent causée par une protéine défectueuse produite par la perte de seulement trois nucléotides dans un gène en ayant normalement 4440'.

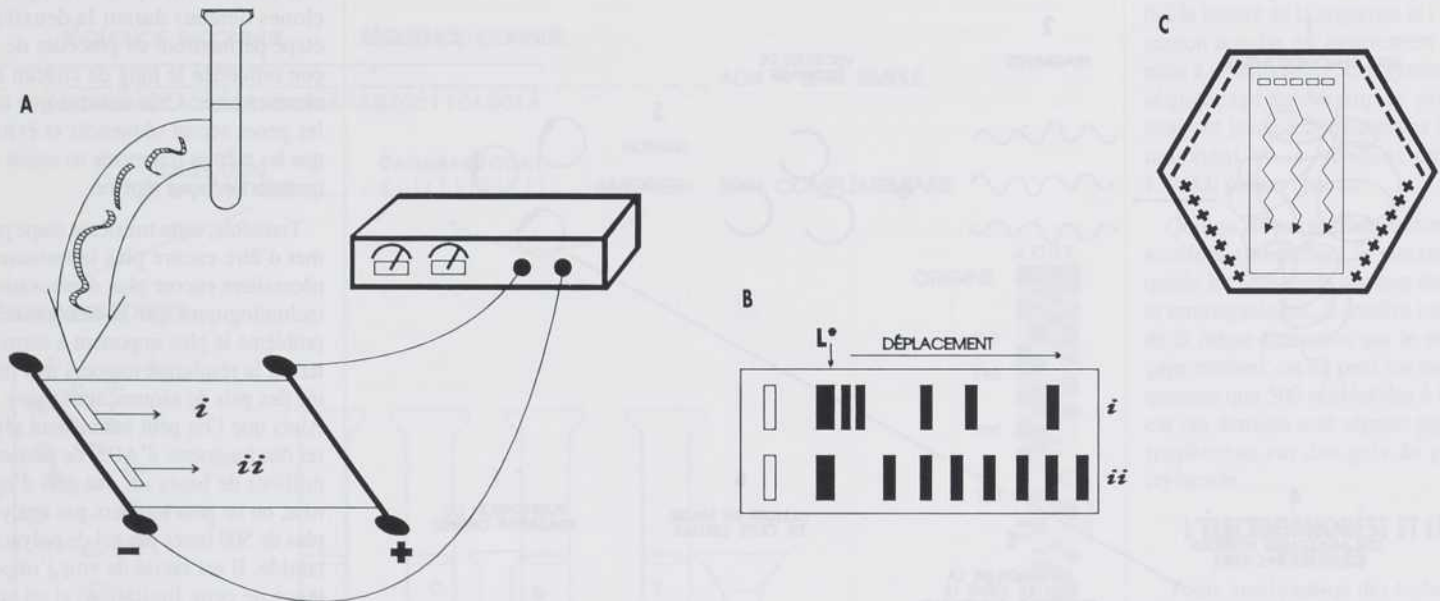
LA STRATÉGIE

La stratégie de choix pour établir la séquence des nucléotides des 24 chromosomes serait évidemment de purifier chacune de ces molécules chromosomiques pour ensuite les séquencer d'un bout à l'autre. Une telle approche non seulement garantirait que nous avons séquencé tous les gènes contenus sur chaque chromosome, mais elle nous donnerait aussi l'ordre exact de ces gènes ainsi que la distance qui les sépare le long de chaque chromosome.

Malheureusement, cette stratégie simple et élégante n'est pas réalisable avec les outils dont nous disposons actuellement. Par exemple, nos techniques de séparation de molécules d'ADN ne nous permettent pas encore de purifier des molécules dont la taille excède 10 millions de bases (10 Mb) alors que les plus petits chromosomes humains ont plus de 50 Mb. On doit donc avoir recours à des enzymes (dites «de restriction») qui vont couper ces chromosomes à des endroits précis. Chacune de ces enzymes reconnaît une séquence de nucléotides spécifique et coupe les doubles hélices d'ADN chaque fois qu'elle rencontre cette séquence. On peut donc se servir de ces enzymes pour couper les chromosomes en petits fragments qui peuvent être séparés par des techniques d'électrophorèse sur gel d'agarose (figure 1).

FIGURE 1

Électrophorèse de l'ADN sur un gel

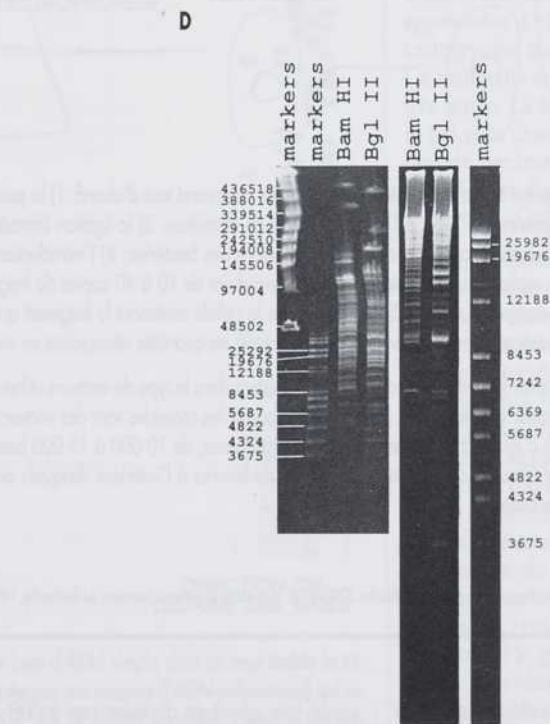


L'ADN est un polyélectrolyte qui se déplace vers l'électrode positive dans une chambre d'électrophorèse. Malheureusement, sa vitesse ne dépend pas de sa taille si l'électrophorèse se fait en phase fluide, ce qui ne permet pas de séparer des molécules différentes. La chambre est donc remplie d'un gel submergé d'une solution saline pour que ce gel serve de tamis. L'électrophorèse sur gel peut servir à séparer des fragments d'ADN de 10 à 1000 bases (sur gel de polyacrylamide; c'est le séquençage de l'ADN — figure 3), de 1000 à 40 000 bases (sur gel d'agarose) ou de 40 000 à 8 000 000 de bases (avec des champs pulsés sur un gel d'agarose; utile pour la cartographie de l'ADN). Dans ce qui suit, les notes en italiques entre parenthèses s'appliquent au séquençage sur gel de polyacrylamide alors que le texte principal renvoie au gel d'agarose.

a) L'échantillon à étudier, noté *i*, est un mélange de quelques dizaines (centaines) de fragments d'ADN à double (simple) brin de tailles différentes. Le gel d'agarose (polyacrylamide) est coulé dans la chambre d'électrophorèse. Les pores du gel ont un diamètre d'environ 2 000 angströms (50 angströms), soit le diamètre d'un globule de quelques milliers de bases (quelques bases). L'échantillon est introduit dans le gel et un voltage est appliqué pour engendrer un champ d'environ 3 volts/centimètre (30 volts/centimètre). Un second échantillon, *ii*, composé de molécules de tailles connues, est ajouté en parallèle pour procurer un étalon qui sert à estimer la taille des molécules (inconnues) de l'échantillon.

b) Après quelques heures, les plus petites molécules ont atteint l'extrémité du gel. Celui-ci est alors photographié après que les molécules d'ADN ont été rendues visibles, par exemple, par l'ajout d'un colorant comme le bromure d'éthidium. Chaque bande sur le gel correspond à un ensemble de molécules d'ADN d'une même taille. Normalement, mais pas toujours, les molécules les plus rapides (les bandes le plus loin du point d'origine) sont les molécules les plus petites. La taille des molécules peut être estimée en comparant avec l'étalon *ii*. Toutes les molécules plus grosses que la taille critique L^* = environ 40 000 bases (2 000 bases) forment une large bande unique et diffuse, et ne peuvent donc pas être séparées. Les bandes peuvent être extraites du gel pour utilisation ultérieure.

c) Schéma simplifié d'un système de champs pulsés (PFGE) à symétrie hexagonale du genre de ce qui est disponible commercialement. La direction ou la polarité du champ peut être changée périodiquement (ici, entre deux séries d'électrodes formant un angle de 120 degrés) pour augmenter le pouvoir de résolution sur gel d'agarose. Avec un tel dispositif, on peut séparer des molécules de 1 000 à 8 000 000 de bases en quelques jours. Des pulses de 0,1 à plus de 10 000 secondes peuvent être nécessaires, dépendamment de la taille des molécules à séparer. Un système en champs pulsés plus simple et facile à construire ne fait que rajouter un chronomètre qui peut renverser périodiquement la polarité des électrodes dans le montage (a); c'est le système FIGE.



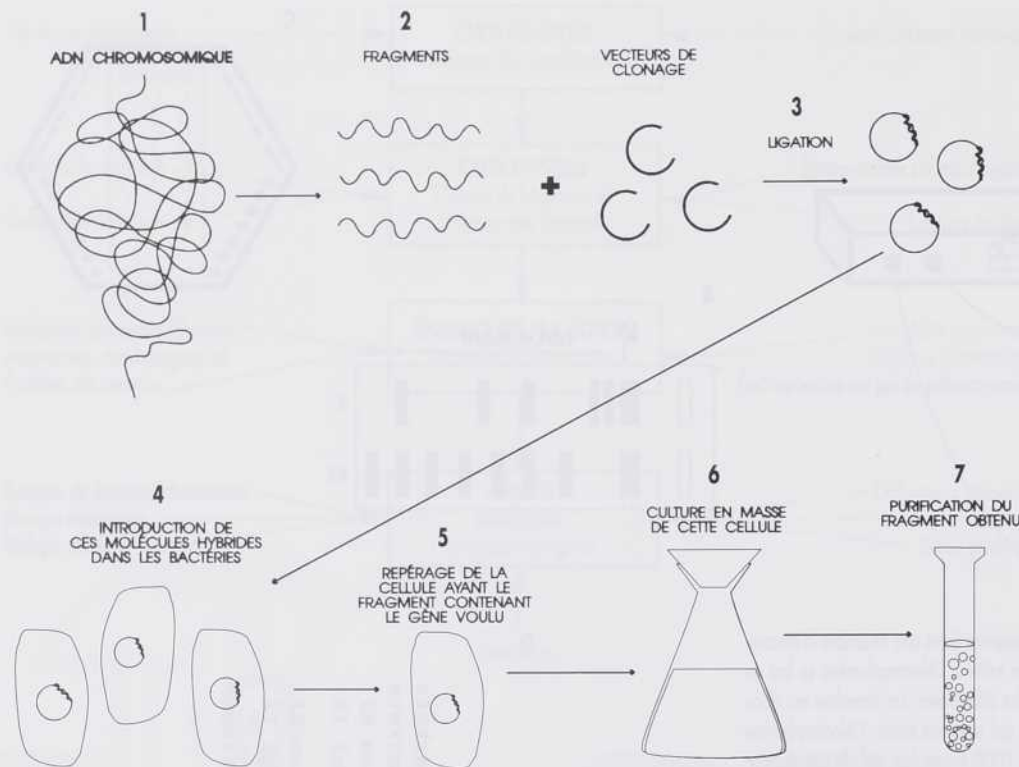
d) Exemples de photographies de gels d'agarose¹ (nous remercions notre collègue, le Dr Robert Charlebois, du Département de biologie, pour ces photographies). Les fragments d'ADN séparés proviennent de la digestion du génome de *H. volcanii* avec les enzymes de restriction Bam HI et Bgl II. Des marqueurs (ou étalons) sont aussi présents pour mesurer les tailles moléculaires inconnues. Sans champs pulsés (à droite), les molécules de plus de 40 000 bases forment une large bande intense. L'utilisation de champs pulsés permet ici d'isoler des fragments de près de 500 000 bases (à gauche), ce qui correspond à la taille de plus gros fragments produits par ces enzymes.

Source

1. CHARLEBOIS, R.L., HOFMAN, J.D., SCHALKWYK, C., LAM, W. et DOOLITTLE, W.F. «Genome Mapping in Halobacterium», *Journal canadien de microbiologie*, 1989, vol. 35, p. 21-29.

FIGURE 2

Clonage des fragments d'ADN



Les techniques de clonage ont toutes une stratégie similaire qui comprend tout d'abord: 1) la purification de l'ADN que l'on veut cloner; 2) la coupe de cet ADN en fragments plus petits à l'aide d'enzymes de restriction; 3) la ligation (introduction grâce à l'enzyme ligase) de cet ADN dans des minis-chromosomes (vecteurs) capables de se répliquer dans des bactéries; 4) l'introduction de chacune de ces molécules hybrides dans les bactéries. La capacité de répllication des vecteurs permet de produire de 10 à 40 copies du fragment d'ADN que l'on veut étudier par les cellules bactériennes. Le clonage comprend ensuite: 5) le repérage de la cellule contenant le fragment qui contient le gène voulu; 6) la culture en masse de cette cellule et 7) la purification du fragment voulu pour en obtenir les quantités nécessaires en vue des expériences subséquentes.

Les différences majeures entre les techniques de clonage consistent dans le type de vecteurs utilisés et dans le type de cellules à l'intérieur desquelles ces vecteurs vont se répliquer. Les plasmides, les phages lambda et les cosmides sont des vecteurs de cellules bactériennes à l'intérieur desquels on peut cloner des fragments d'ADN étranger de moins de 10 000 bases, de 10 000 à 15 000 bases ou de 40 000 à 50 000 bases respectivement. Les YAC (Yeast Artificial Chromosomes) sont des vecteurs de levures à l'intérieur desquels on peut cloner des fragments d'ADN étranger de 100 000 à 1 000 000 de bases.

Note

Cette figure est adaptée d'une illustration publiée dans *La Recherche*: JORDAN, B. «Les cartes du génome humain», *La Recherche*, 1989, vol. 20, p. 1486-1494.

On rencontre cependant une autre difficulté: étant donné que la grande majorité de ces enzymes coupent les chromosomes en moyenne à toutes les 4 000 bases, nous produirions ainsi à partir des chromosomes humains plus de 750 000 fragments, que nous devrions ensuite isoler, cloner et ordonner sur les chromosomes.

Heureusement, cinq enzymes de restriction découvertes récemment coupent moins fréquemment, soit en moyenne à toutes les 65 000 bases. Elles faciliteront la solution de notre

casse-tête géant en divisant nos 3 000 millions de bases en moins de 50 000 fragments. Ceux-ci pourront être clonés de façon à en obtenir de grandes quantités (figure 2) et leur ordre sur les chromosomes dont ils proviennent constituera la «carte» physique recherchée.

Les travaux visant à obtenir la carte physique détaillée de certains chromosomes humains sont déjà très avancés et tous les chromosomes devraient être cartographiés d'ici quelques années².

LES DÉFIS

On a accompli au cours des 10 dernières années des progrès techniques considérables. Les enzymes de restriction qui ne coupent que très peu fréquemment, les vecteurs nécessaires au clonage de fragments de plus de 15 000 bases ainsi que les techniques d'électrophorèse indispensables à la séparation de ces fragments sont toutes, en effet, de récentes innovations.

L'obtention de la carte physique de tous les chromosomes humains complètera bientôt la deuxième étape du

projet. La troisième consistera à établir la séquence de tous les clones de fragments de chromosomes obtenus. Elle sera facilitée par le fait que les clones obtenus durant la deuxième étape permettront de procéder de façon ordonnée le long de chacun des chromosomes. Cela assurera que tous les gènes seront séquencés et évitera que les mêmes fragments ne soient séquencés de façon répétée.

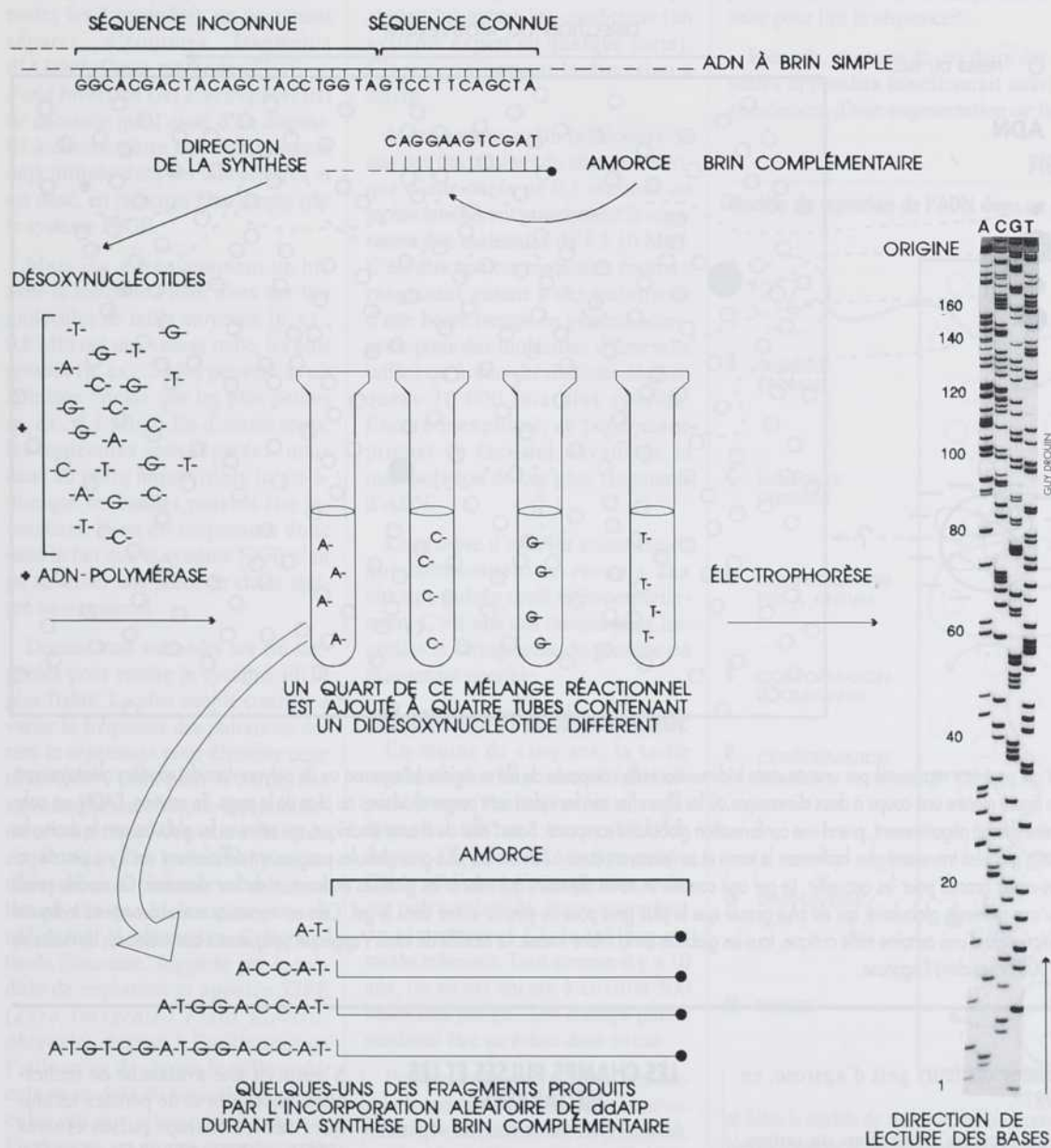
Toutefois, cette troisième étape promet d'être encore plus laborieuse et nécessitera encore plus d'innovations technologiques que la deuxième. Le problème le plus important à surmonter est la résolution toujours très limitée des gels de séquençage (figure 3). Alors que l'on peut maintenant séparer des fragments d'ADN de plusieurs millions de bases sur des gels d'agarose, on ne peut toujours pas analyser plus de 500 bases par gel de polyacrylamide. Il est facile de voir l'importance de cette limitation: si on suppose qu'un chercheur ou une chercheuse dans un laboratoire bien équipé puisse idéalement produire 20 séquences de 500 bases quotidiennement, ajoutant ainsi 10 000 nucléotides à la banque de données par jour, on doit en déduire que 100 chercheurs mettraient plus de 3000 jours à séquencer les 3 milliards de bases présentes dans le génome humain!

En fait, les techniques de séquençage décrites à la figure 3 comprennent plusieurs étapes préliminaires et subséquentes qui rendent difficile la production de plus de 20 séquences par semaine par chercheur ou chercheuse. Les étapes préliminaires consistent notamment 1) à produire et à purifier des brins d'ADN simples de la région à séquencer et 2) à synthétiser les amorces d'ADN qui serviront à initier la synthèse du brin expérimental. Quant aux étapes subséquentes, elles visent en particulier 1) à «lire» les résultats obtenus, c'est-à-dire l'ordre des nucléotides A, C, G, T et 2) à cataloguer les séquences obtenues dans un système informatique pour établir les chevauchements qui permettront de les joindre bout à bout.

Ces étapes sont présentement sur le point d'être complètement automatisées à l'aide d'innovations en robotique³. En effet, des robots devraient bientôt pouvoir produire et purifier les brins d'ADN simples de départ, ainsi qu'automatiser les réactions enzymatiques. L'innovation la plus spectaculaire provient du laboratoire de Leroy

FIGURE 3

Technique de séquençage enzymatique



Hood du California Institute of Technology⁴. On y a mis au point quatre nucléotides fluorescents pour automatiser l'électrophorèse. Un rayon laser fait la lecture de la séquence et l'information acquise est directement transmise à un ordinateur. Ces systèmes de séquençage automatiques peuvent analyser jusqu'à 20 séquences simultanément et se vendent environ 150 000 dollars chacun.

Quoiqu'un tel système automatisé accélère grandement la vitesse à laquelle les séquences peuvent être lues et emmagasinées, il souffre toujours de la même limitation que le séquençage manuel: on ne peut toujours séquençer que 500 nucléotides à la fois car ces derniers sont séparés par électrophorèse sur des gels de polyacrylamide.

L'ÉLECTROPHORÈSE ET LES REPTILES

Toute amélioration des techniques d'électrophorèse représente un gain appréciable d'efficacité autant pour la cartographie que pour le séquençage. La recherche en ce domaine est donc très active. La température, le tampon, le gel et le champ électrique sont autant de paramètres qui doivent être optimisés en fonction de la séparation recherchée. Oubliez le tâtonnement!

Mais comment l'ADN se déplace-t-il durant l'électrophorèse sous l'influence du champ électrique? Les acides nucléiques sont, en fait, d'énormes ions appelés «polyélectrolytes», qui migrent à vitesse constante en solution sous l'effet combiné des forces de friction et électriques. Mais la molécule doit traverser un véritable labyrinthe constitué des pores formés par la structure réticulée du gel (figure 4). Si la molécule n'est pas trop grosse, elle garde sa conformation globulaire compacte, typique des polymères en solution, et le gel agit alors comme un tamis, retardant davantage les plus gros globules parce que ces derniers doivent emprunter des chemins plus tortueux pour traverser le labyrinthe⁵. Pour un globule beaucoup plus gros que la taille moyenne des pores du gel, le modèle du tamisage prédit bien sûr une vitesse nulle. Pourtant, on observe qu'au-delà d'une certaine taille, les molécules ont plutôt une vitesse indépendante de leur masse... et pas nulle du tout! Des globules ayant 5, 10 ou même 20 fois la taille des pores traversent le gel aussi «facilement» les uns que les autres⁶.

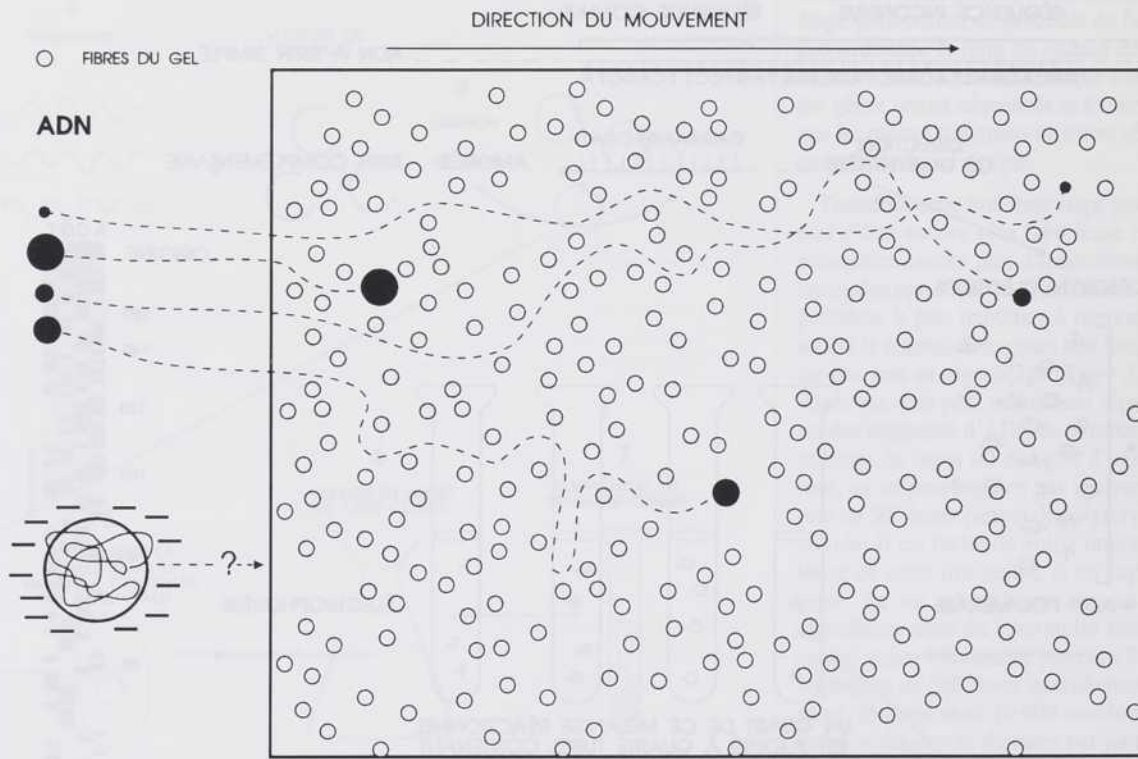
Cette technique consiste à synthétiser un ensemble de brins d'ADN complémentaires à partir d'un brin d'ADN simple dont on veut établir la séquence. La synthèse est commencée à l'aide d'une amorce radioactive (ou fluorescente) et est effectuée par une enzyme (l'ADN-polymérase) qui incorpore des désoxynucléotides (dATP, dCTP, dGTP et dTTP) ainsi que des didésoxynucléotides (ddATP, ddCTP, ddGTP et ddTTP). L'amorce sert non seulement à commencer la synthèse des brins complémentaires à un endroit précis, mais fournit aussi le groupe chimique 3'-OH nécessaire à la poursuite de la synthèse par l'ADN-polymérase. L'ADN-polymérase est une enzyme qui polymérise l'ADN, c'est-à-dire qu'elle lie les quatre désoxynucléotides bout à bout pour produire un long brin d'ADN. Les désoxynucléotides sont les constituants normaux de l'ADN (acide désoxyribonucléique); ce sont des molécules composées d'un sucre, le désoxyribose (d), d'une base (adénine=A, cytosine=C, guanine=G et thymine=T) et d'un groupe de trois phosphates (TP). Les didésoxynucléotides sont des dérivés synthétiques des désoxynucléotides auxquels on a enlevé le groupe 3'-OH situé sur le désoxyribose. Cette modification rend impossible la poursuite de la synthèse d'un brin d'ADN par l'ADN-polymérase. L'incorporation de didésoxynucléotides entraîne donc l'arrêt de la synthèse des deuxièmes brins. Cette terminaison est spécifique de chacun des didésoxynucléotides, et la longueur des fragments synthétisés est contrôlée en variant les proportions des deux types de nucléotides (d et dd). Les fragments ainsi synthétisés ont différentes longueurs et peuvent être séparés par électrophorèse sur gel de polyacrylamide. Il ne reste plus ensuite qu'à «lire» le gel en commençant par le bas. Si le fragment le plus lointain, donc le plus court, se trouve dans la colonne des fragments se terminant en T, la séquence recherchée commence par T. Si le fragment juste avant est de la colonne A, on en déduit que A succède à T. On recompose ainsi, nucléotide après nucléotide, la séquence étudiée.

Le Français Pierre-Gilles de Gennes et l'Anglais Sam F. Edwards ont introduit dans les années 70 le concept de « reptation » des polymères. Selon ce modèle, les longs polymères forcés à se déplacer dans un milieu dense comme un gel doivent le faire tête (ou queue!) première, comme un serpent dans une plantation de maïs, tout simplement parce que sous forme de globules compacts, ils seraient incapables de progresser⁷.

Plusieurs théoriciens ont appliqué avec succès ce concept de mouvement moléculaire reptilien au problème de l'électrophorèse dans un gel (figure 5). L'idée est simple: quand le globule d'ADN est trop gros pour entrer dans les pores, l'ADN doit se déplier pour traverser le gel «tête» première, comme un serpent... électrique! Les prédictions de ce modèle sont en surprenant accord avec les observations des biochimistes. Le modèle indique que la dynamique est caractérisée par une compétition entre trois types de conformations. D'une part, un petit serpent se déplace dans le labyrinthe avec une conformation globulaire «éponge», pour laquelle la vitesse décroît inversement avec la masse: dans ce cas, la séparation par électrophorèse est facile⁸. D'autre part, les plus longs serpents s'orientent dans la direction du champ électrique et se déplacent presque en ligne droite dans le labyrinthe: ils sont alors comme dans un tuyau et leur vitesse ne dépend plus de leur longueur car ils ignorent qu'il y a un gel. C'est dans ce dernier cas que l'électrophorèse en champ électrique constant cesse d'être utile⁹.

Mais le modèle fait plus qu'expliquer ces caractéristiques bien connues de l'électrophorèse¹⁰. En effet, il prédit aussi que dans le cas des molécules de taille intermédiaire, la tête et la queue du serpent ne peuvent pas décider qui sera en avant! À cause de ce jeu de souque à la corde, où le serpent prend une conformation en fer à cheval, ces molécules sont «trappées» dans le gel et possèdent ainsi la vitesse la plus faible¹¹. En d'autres mots, la théorie prédit que les bandes que les biologistes croient être disposées par ordre croissant de masse sur leurs gels peuvent être dans un autre ordre! Personne n'avait jamais vérifié ce simple fait avant que Marc Lalande et Chantal Turmel, de l'Institut de biotechnologie, à Montréal, n'observent une telle inversion partielle des

Modèle du tamis



Le gel peut être représenté par une structure tridimensionnelle composée de fibres rigides (d'agarose ou de polyacrylamide) soudées aléatoirement. La figure montre une coupe à deux dimensions où les fibres (les cercles vides) sont perpendiculaires au plan de la page. En solution, l'ADN, un polymère chargé négativement, prend une conformation globulaire compacte. Sous l'effet du champ électrique, qui attire ici les globules vers la droite, les petits globules traversent plus facilement le tamis et se retrouvent donc à l'avant. Les plus gros globules progressent difficilement car il y a peu de pores assez grands pour les accueillir. Le gel agit comme un tamis aléatoire qui ralentit les globules en fonction de leur diamètre. Ce modèle prédit qu'une molécule globulaire qui est plus grosse que le plus gros pore ne pourra entrer dans le gel. Cela est contraire aux observations indiquant qu'au-delà d'une certaine taille critique, tous les globules ont la même vitesse. Le modèle du tamis s'applique typiquement aux molécules de moins de 1 000 bases dans l'agarose.

bandes sur leurs gels d'agarose, en 1987¹².

De récentes simulations sur ordinateur¹³ et des observations expérimentales spectaculaires^{14,15} ont démontré que c'est bien la compétition entre ces trois types de conformations moléculaires qui est à la base de l'électrophorèse de grosses molécules sur gel d'agarose. Nous croyons que c'est aussi le cas pour l'électrophorèse sur gel de polyacrylamide, mais nous ne savons toujours pas pourquoi les molécules de plus de 10 Mb (les chromosomes humains en ont de 50 à 250; figure 5i) semblent refuser de bouger. Cela ne nous permet donc pas d'envisager leur séparation par électrophorèse.

LES CHAMPS PULSÉS ET LES MEGABASES

Avant 1984, on ne pouvait séparer, sur gel d'agarose, que des molécules d'ADN de moins de 40 000 bases environ, car au-delà de cette taille, les forces électriques alignent nos molécules, ce qui annule l'effet séparateur du gel. Pour contourner ce problème, Charles Cantor et son étudiant David Schwartz¹⁶, qui étaient alors à l'Université Columbia, eurent l'idée d'alterner la direction du champ entre deux directions approximativement orthogonales, et ce, à une fréquence telle que les molécules n'auraient jamais le temps de s'orienter. De cette façon, le serpent ne saurait plus où donner de la tête! (figure 5) L'effet fut éclatant: de 0,04 Mb, on passa à quelques Mb du jour au lendemain!

S'ensuivit une avalanche de recherches théoriques et de percées techniques sur les champs pulsés croisés (PFGE — Pulsed Field Gradient Gel Electrophoresis).

L'idée est donc de garder l'ADN dans un état d'orientation incomplète. En champs alternatifs orthogonaux, la vitesse nette est, selon la diagonale, entre les deux directions choisies. Les modèles de type reptation donnent une bonne description¹⁷ de ce système devenu depuis un produit commercial à succès. Bien sûr, l'utilisation de champs croisés requiert une modification majeure des équipements traditionnels et demeure donc fort chère.

En 1986, nouveau coup de théâtre: le groupe de Maynard Olson de l'Université Washington à Saint-

Louis aux États-Unis, découvre qu'en renversant la polarité du champ électrique pour de courtes périodes de temps (par exemple, pour 1 seconde à toutes les 3 secondes), on peut aussi séparer d'énormes fragments d'ADN¹⁸. Cette méthode (FIGE — *Field Inversion Gel Electrophoresis*) ne nécessite que l'ajout d'un dispositif à chronomètre aux équipements déjà utilisés dans les laboratoires et est donc, en principe, plus simple que le système PFGE.

Mais il y a fréquemment un hic avec la méthode FIGE: alors que des molécules de taille moyenne (p. ex., 0,8 Mb) ont une vitesse nulle, les plus grosses (p. ex., 2 Mb) peuvent avoir la même vitesse que les plus petites (p. ex., 0,1 Mb)¹⁹! En d'autres mots, les molécules sont séparées, mais dans un ordre imprévisible (c'est-à-dire que les bandes peuvent être inversées). Rien de surprenant donc dans le fait que le système FIGE n'ait pu se tailler une place de choix malgré sa simplicité!

Depuis, trois méthodes ont été suggérées pour rendre le système FIGE plus fiable. La plus simple consiste à varier la fréquence des pulsations durant la séparation pour éliminer cette inversion²⁰. Cela peut se faire, non sans danger toutefois, de façon totalement empirique. Une autre méthode est d'utiliser des pulsations plus intenses, mais de plus courte durée, vers l'avant afin que le champ moyen soit nul durant la séparation. Cette méthode étonnante, suggérée par le modèle de reptation et appelée ZIFE (*Zero Integrated Field Electrophoresis*), permet à l'utilisateur ou l'utilisatrice de choisir la taille moléculaire au-delà de laquelle les molécules ont une vitesse négligeable²¹. Finalement, un groupe européen a démontré que si les changements de polarité du système FIGE se faisaient à des intervalles aléatoires, les problèmes d'inversion disparaissaient²². Les physiciens ont récemment mis en évidence le fait que ce système fonctionne à cause de la formation accrue de conformations en fer à cheval immédiatement après chaque changement de polarité. Pour élucider le mystère FIGE, il aura fallu des méthodes expérimentales complexes et des simulations sur superordinateur^{23,24}!

Que réserve le futur? Il reste à optimiser les différents systèmes pulsés. En fait, il est encore difficile de choi-

sir ses conditions expérimentales pour réussir la séparation recherchée. La compagnie Biorad vient de mettre sur le marché un système automatisé qui choisit lui-même les conditions (un système expert en quelque sorte). C'est certainement la direction à suivre.

Mentionnons enfin la découverte que des fluctuations du champ électrique d'une durée de 0,1 seconde ou moins améliorent grandement la séparation des molécules de 1 à 10 Mb²⁵. C'est dire que ces molécules énormes réagissent autant à des pulsations d'une heure (temps en général nécessaire pour des molécules d'une telle taille) qu'à des «hésitations électriques» 10 000 fois plus courtes! Encore inexpliqué, ce phénomène promet de faciliter davantage la manipulation de ces gros fragments d'ADN.

Le nombre d'articles scientifiques qui mentionnent le recours aux champs pulsés croît exponentiellement. C'est une des raisons pour lesquelles la cartographie du génome est maintenant possible.

LES REPTILES ET LE SÉQUENÇAGE

En moins de cinq ans, la taille maximale des fragments d'ADN séparables par électrophorèse sur agarose a fait un bond incroyable d'un facteur 200 grâce aux champs pulsés. Où en est l'autre électrophorèse, celle sur polyacrylamide, étape essentielle du séquençage? Là, le tableau est moins reluisant. Tout comme il y a 10 ans, on en est encore à environ 500 bases lues par gel. Les champs pulsés semblent être un échec dans ce cas.

En séquençage, le progrès des dernières années s'est limité exclusivement à l'automatisation du processus. Puisque le chiffre de 500 bases représente la limite apparemment intrinsèque, les technologues ont entrepris de réduire l'effort et le temps nécessaires pour obtenir chaque séquence de 500 bases. C'est ainsi que s'est développée depuis cinq ans la famille des séquenceurs automatiques déjà décrits plus haut.

Plus récemment, on a vu la mise au point de systèmes d'électrophorèse où le gel de polyacrylamide est coulé dans un capillaire. Ces systèmes exploitent le fait que le petit diamètre des capillaires (de l'ordre de 0,1 mm) élimine presque totalement le problème de surchauffe engendré par le

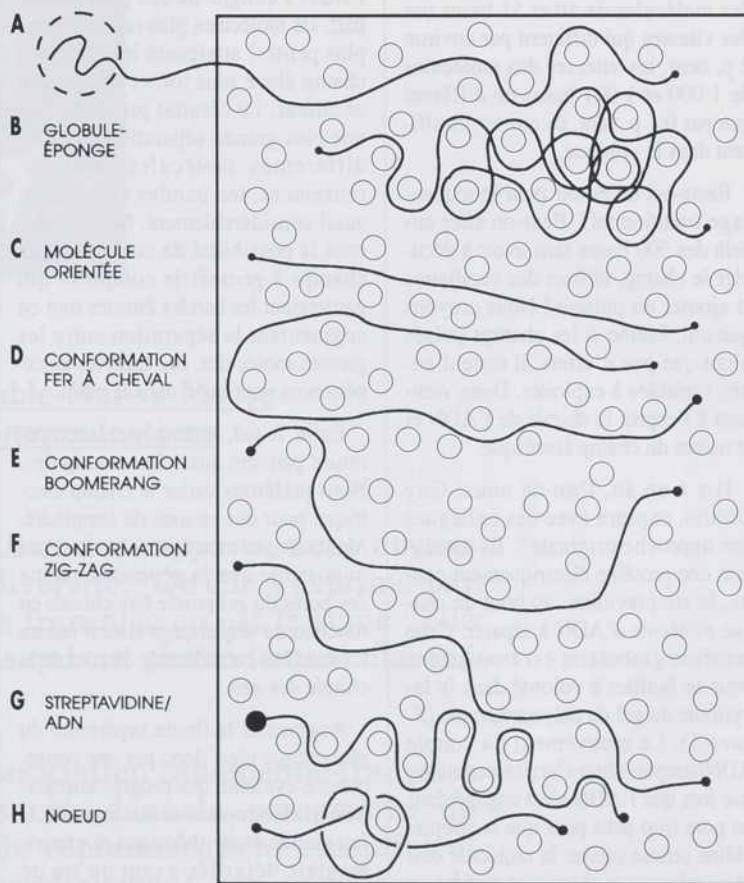
courant électrique qui circule (l'effet Joule). On peut donc utiliser des champs 10 fois plus élevés et réduire par un même facteur le temps nécessaire pour lire la séquence²⁶.

Bien sûr, chacune de ces deux dernières approches bénéficierait aussi grandement d'une augmentation de la

limite de 500 bases. Pourquoi les champs pulsés ne semblent-ils pas améliorer le séquençage? En fait, nous croyons que c'est parce que la limite de 500 bases ne correspond pas à la grosseur des molécules pour laquelle la vitesse de migration cesse d'être inversement proportionnelle à la taille moléculaire.

FIGURE 5

Modèle de reptation de l'ADN dans un gel



a) Selon le modèle de reptation de l'électrophorèse sur gel, les grosses molécules d'ADN incapables de traverser le gel sous forme globulaire compacte (figure 4) doivent se déplier pour faire de la reptation entre les obstacles.

b) Reptation en forme globulaire «éponge» typique pour des molécules de 1000 à 40 000 bases dans l'agarose. L'ADN progresse tête première, mais plusieurs fibres du gel traversent le globule. La vitesse V décroît alors selon $1/L$, où L est la longueur de la molécule⁸.

c) Reptation en conformation orientée, typique des grosses molécules (plus de 40 000 bases dans l'agarose). La molécule ne sent presque plus l'influence du gel et sa vitesse ne dépend plus de sa taille⁸.

d) Lorsque la molécule est «trappée» dans une conformation en fer à cheval, la vitesse est négligeable. Ce type de conformation peut dominer dans le cas des molécules de taille intermédiaire, ce qui mène alors à une inversion des bandes sur le gel¹¹.

e) Dans des champs orthogonaux, la molécule ne s'oriente pas totalement le long de l'axe d'un des champs électriques et sa vitesse demeure dépendante de sa taille¹⁷.

f) Une autre conformation possible en champs orthogonaux est celle dite en «zig-zag».

g) La queue de streptavidine reste bloquée. La molécule d'ADN doit alors rebrousser chemin et essayer un autre sentier plus large²⁷.

h) Conformation comportant un noeud. Il est possible que les chromosomes humains intacts n'avancent pas dans le gel à cause de telles anomalies.

En d'autres mots, la limite de résolution du séquençage sur gel de polyacrylamide n'est pas due à l'alignement des molécules, comme c'était le cas avec le gel d'agarose (or, c'est seulement sur des molécules alignées que les champs pulsés ont un effet), mais plutôt au fait que même en phase globulaire (pour laquelle la vitesse décroît pourtant inversement avec la taille moléculaire), les molécules n'ont pas des vitesses suffisamment différentes! Par exemple, alors que des molécules de 50 et 51 bases ont des vitesses qui diffèrent par environ 2 p. cent, les vitesses des molécules de 1 000 et 1 001 bases ne diffèrent que par 0,1 p. cent, ce qui est insuffisant dans la pratique.

Reste-t-il un espoir pour le séquençage traditionnel? Peut-on aller au-delà des 500 bases sans avoir à décupler le champ, utiliser des capillaires et ajouter un pulseur? Nous croyons que oui. Même si les champs pulsés n'ont que peu d'effets, il reste d'autres variables à exploiter. Deux viennent à l'esprit: la chimie de l'ADN et la nature du champ électrique.

Il y a un an, l'un de nous, Guy Drouin, explora avec des collègues une approche originale²⁷. Ils ajoutèrent une protéine électriquement neutre, la streptavidine, au bout de chaque molécule d'ADN à séparer. Cette protéine globulaire est trop grosse pour se faufiler à volonté dans le labyrinthe du gel de polyacrylamide (*figure 5*). Le mouvement du couple ADN/streptavidine s'arrête donc chaque fois que l'ADN s'est engagé dans un pore trop petit pour que la streptavidine puisse suivre: la molécule doit alors rebrousser chemin et emprunter un autre corridor. Puisque ce recul se fait contre les forces électriques, il est fort peu probable et les résultats expérimentaux indiquent que la vitesse nette diminue alors exponentiellement avec la taille de l'ADN. Cette chute rapide permettrait, en principe, de séquencer plus de 1000 bases sur un seul gel. Mais les problèmes sont nombreux et jusqu'à présent, la pire embûche semble être un élargissement considérable et inexplicable des bandes sur le gel, ce qui rend difficile la lecture de la séquence. Nous sommes en train de faire une étude théorique et expérimentale approfondie pour déterminer si la streptavidine peut ouvrir la porte au séquençage à grande échelle. D'autres modifications chimiques de l'ADN sont aussi

possibles; ainsi, l'un de nous, Gary Slater, vient de démontrer théoriquement qu'un effet analogue à celui de la streptavidine peut être obtenu en neutralisant la charge électrique sur les bouts de l'ADN.

Par ailleurs, nous cherchons présentement à modifier l'aspect géométrique du champ électrique pour allonger les séquences lisibles. Par exemple, si le champ électrique augmente spatialement à mesure que l'ADN s'éloigne de son point de départ, les molécules plus rapides (donc plus petites) atteignent les régions à champ élevé plus tôt, ce qui les fait accélérer. Le résultat prévisible est une plus grande séparation entre les différentes molécules. Malheureusement, les bandes élargissent aussi considérablement. Nous explorons la possibilité de construire des champs à géométrie complexe qui garderaient les bandes étroites tout en augmentant la séparation entre les grosses molécules. Ici, théories et expériences vont main dans la main.

Enfin, le gel, le tampon et la température peuvent aussi être manipulés. Nous préférons varier le champ électrique pour des raisons de simplicité. Mentionnons toutefois qu'il n'est pas impossible que la géométrie même des pores du gel puisse être choisie en fonction du séquençage visé: il faudra ici un effort considérable du côté de la chimie des gels.

Augmenter la limite supérieure du séquençage n'est donc pas une conséquence évidente des progrès enregistrés en électrophorèse sur agarose. Il faudra une étude théorique et expérimentale détaillée avant qu'on ne puisse faire des progrès majeurs. L'absence d'orientation moléculaire, qui rend l'ADN moins sensible aux influences extérieures, ainsi que la différence minime de taille entre les molécules, compliquent sensiblement notre tâche.

CONCLUSION

Quoique les innovations en électrophorèse soient présentement parmi les plus utiles au Projet du génome humain, des progrès dans les domaines de la chimie, du clonage des gènes, de la robotique et de l'informatique joueront aussi un rôle important. Par exemple, mentionnons la mise au point de méthodes de séquençage par dégradation chimique d'ADN marqué à l'aide de molécules fluorescentes²⁸, le perfectionnement des méthodes de

clonage²⁹, l'automatisation des manipulations multiples engendrées dans ce projet³⁰, ainsi que le développement de logiciels et d'ordinateurs spécialisés pour manipuler et analyser les données obtenues³¹.

Le Projet du génome humain changera la façon dont les biologistes feront leur recherche: ils pourront désormais se concentrer sur la fonction de chacun des gènes et sur leur rôle dans les maladies humaines, plutôt que de passer la majeure partie de leur temps à essayer de les isoler. Une des conséquences indirectes de ce projet sera bien sûr le grand nombre d'innovations qu'il aura suscitées et qui pourront être appliquées à d'autres domaines. Par exemple, l'électrophorèse sur gel pourrait bientôt être utile pour la caractérisation des polymères industriels³². De plus, notons que le projet a fait progresser considérablement la théorie des polymères.

Si les projets Spoutnik et Appolo ont engendré plusieurs des technologies qui nous entourent, que nous réservent les retombées du Projet du génome humain? ■

Références

- MARX, J.L. «The Cystic Fibrosis Gene Is Found», *Science*, 1989, vol. 245, p. 923-925.
- STEPHENS, J.C., CAVANAUGH, M.L., GRADIE, M.I., MADOR, M.L. et KIDD, K.K. «Mapping the Human Genome: Current Status», *Science*, 1990, vol. 250, p. 237-244.
- SMITH, V., BROWN, C.M., BANKIER, A.T. et BARRELL, B.G. «Semiautomated Preparation of DNA Templates for Large-Scale Sequencing Projects», *DNA Sequence*, 1990, vol. 1, p. 73-78.
- SMITH, L.M., KAISER, R.J., SANDERS, J.Z. et HOOD, L.E. «The Synthesis and Use of Fluorescent Oligonucleotides in DNA Sequence Analysis», *Methods in Enzymology*, 1987, vol. 155, p. 260-301.
- CHRAMBACH, A. et RODBARD, D. «Polyacrylamide Gel Electrophoresis», *Science*, 1971, vol. 172, p. 440-451.
- MCDONNELL, M.W., SIMON, M.N. et STUDIER, F.W. «Analysis of Restriction Fragments of T7 DNA and Determination of Molecular Weights by Electrophoresis in Neutral and Alkaline Gels», *J. Mol. Biol.*, 1977, vol. 110, p. 119-146.
- De GENNES, P.-G. «Entangled Polymers», *Physics Today*, 1983, June, p. 33-39.
- LUMPKIN, O.J., DEJARDIN, P. et ZIMM, B.H. «Theory of Gel Electrophoresis of DNA», *Biopolymers*, 1985, vol. 24, p. 1573-1593.
- Loc.cit.*
- MCDONNELL, M.W. et coll. *Loc.cit.*
- NOOLANDI, J., ROUSSEAU, J., SLATER, G.W., TURMEL, C. et LALANDE, M. «Self-trapping and Anomalous Dispersion of DNA in Electrophoresis», *Phys. Rev. Lett.*, 1987, vol. 58, p. 2428-2431.
- Loc.cit.*
- DEUTSCH, J.M. «Theoretical Studies of DNA During Gel Electrophoresis», *Science*, 1988, vol. 240, p. 922-924.
- SMITH, S.B., ALDRIDGE, P.K. et CALLIS, J.B. «Observation of Individual DNA Molecules Undergoing Gel Electrophoresis», *Science*, 1989, vol. 243, p. 203-205.
- SCHWARTZ, D.C. et KOVAL, M. «Conformational Dynamics of Individual DNA Molecules During Gel Electrophoresis», *Nature*, 1989, vol. 338, p. 520-522.
- SCHWARTZ, D.C. et CANTOR, C.R. «Separation of Yeast Chromosome-Sized DNAs by Pulsed Field Gradient Gel Electrophoresis», *Cell*, 1984, vol. 37, p. 67-75.
- SLATER, G.W. et NOOLANDI, J. «Effect of Nonparallel Alternating Fields on the Mobility of DNA in the Biased Reptation Model of Gel Electrophoresis», *Electrophoresis*, 1989, vol. 10, p. 413-428.
- CARLE, G.F., FRANK, M. et OLSON, M.V. «Electrophoretic Separations of Large DNA Molecules by Periodic Inversion of the Electric Field», *Science*, 1986, vol. 282, p. 65-68.
- Loc.cit.*
- Loc.cit.*
- TURMEL, C., BRASSARD, E., FORSYTH, R., HOOD, K., SLATER, G.W. et NOOLANDI, J. «High-resolution Zero Integrated Field Electrophoresis of DNA», dans *Electrophoresis of large DNA molecules*, E. Lai, B.W. Birren, éd., Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1990, p. 101-131.
- HELLER, C. et POHL, F.M. «Field Inversion Gel Electrophoresis With Different Pulse Time Ramps», *Nucleic Acids Res.*, 1990, vol. 18, p. 6299-6304.
- DEUTSCH, J.M. «Explanation of Anomalous Mobility and Birefringence Measurements Found in Pulsed Field Electrophoresis», *J. Chem. Phys.*, 1989, vol. 90, p. 7436-7445.
- HOLZWARTH, G., WHITCOMB, R.W., PLATT, K.J., CRATER, G.D. et MCKEE, C.B. «Velocity of Linear DNA During Pulsed Field Gel Electrophoresis» dans *Electrophoresis of large DNA molecules*, E. Lai, B.W. Birren, éd., Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1990, p. 43-53.
- TURMEL, C., BRASSARD, E., SLATER, G.W. et NOOLANDI, J. «Molecular Detrapping and Band Narrowing With Frequency Modulation of Pulsed Field Electrophoresis», *Nucleic Acids Res.*, 1990, vol. 18, p. 569-575.
- LUCKEY, J.A., DROSSMAN, H., KOSTICHKA, A.J. et coll. «High Speed DNA Sequencing by Capillary Electrophoresis», *Nucleic Acids Res.*, 1990, vol. 18, p. 4417-4421.
- ULANOVSKY, L., DROUIN, G. et GILBERT, W. «DNA Trapping Electrophoresis», *Nature*, 1990, vol. 343, p. 190-192.
- ROSENTHAL, A., SPROAT, B., VOSS, H. et coll. «Automated Sequencing of Fluorescently Labelled DNA by Chemical Degradation», *DNA Sequence*, 1990, vol. 1, p. 63-71.
- CARRANO, A.V., de JONG, P.J., BRANSCOMB, E., SLEZAK, T. et WATKINS, B.W. «Constructing Chromosome- and Region-Specific Cosmid Maps of the Human Genome», *Genome*, 1989, vol. 31, p. 1059-1065.
- CATHCART, R. «Advances in Automated DNA Sequencing», *Nature*, 1990, vol. 347, p. 310.
- ROBERTS, L. «New Chip May Speed Genome Analysis», *Science*, 1989, vol. 244, p. 655-656.
- SMISEK, D.L. et HOAGLAND, D.A. «Electrophoresis of Flexible Macromolecules: Evidence for a New Mode of Transport in Gels», *Science*, 1990, vol. 248, p. 1221-1223.

Ministre des Communications



Minister of Communications

L'honorable The Honourable
Marcel Masse



Message de l'honorable Marcel Masse
Ministre des Communications

Dans la conjoncture de globalisation des rapports, nous devons manifester la richesse de notre diversité. Qu'elle s'exprime par les arts ou les sciences, la langue française en est le signe ; elle porte des valeurs et des traditions qui ont profondément marqué la civilisation universelle.

L'apport d'organismes comme l'Association canadienne-française pour l'avancement des sciences est, dans la perspective du dynamisme de cet instrument de communication, essentiel et fondamental. Je salue donc cordialement les membres de l'ACFAS réunis à l'occasion de leur 59^e congrès et leur souhaite une rencontre enrichissante et productive.

Marcel Masse



Québec

MESSAGE DU PREMIER MINISTRE

Au nom du gouvernement du Québec, je tiens à adresser mes cordiales salutations à tous les participants et participantes au cinquante-neuvième congrès de l'Association canadienne-française pour l'avancement des sciences.

Comme par le passé, cet événement constitue un prestigieux forum où les questions touchant l'évolution de la recherche sont à l'ordre du jour. Facteur de première importance du développement des peuples, le progrès scientifique pose aujourd'hui un défi de taille à notre collectivité. La contribution qu'apportent à ce débat les membres de l'ACFAS mérite pleinement d'être soulignée, tout comme leurs efforts significatifs visant à promouvoir la place qu'occupe la langue française au sein de cette sphère d'activités.

Je souhaite de fructueux échanges à tous les congressistes et formule le vœu que cette rencontre connaisse un franc succès.

Québec
1991

Robert Bourassa

LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE AU QUÉBEC: PRODUCTION ET PRODUCTIVITÉ DE 1980 À 1988

PAR YVES GINGRAS, MICHEL LECLERC ET CHRISTINE MÉDAILLE



QUE PEUT-ON DIRE DE LA PRODUCTIVITÉ DE NOS INSTITUTIONS DE RECHERCHE QUÉBÉCOISES? COMMENT A-T-ELLE ÉVOLUÉ AU COURS DES DERNIÈRES ANNÉES? CE SONT À CES QUESTIONS QUE TENTENT DE RÉPONDRE LES AUTEURS, EN S'INTÉRESSANT NON SEULEMENT AUX SOMMES INVESTIES EN RECHERCHE, MAIS ÉGALEMENT AUX PUBLICATIONS SAVANTES.

YVES GINGRAS ENSEIGNE L'HISTOIRE DES SCIENCES À L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL. IL EST ÉGALEMENT CHERCHEUR AU CENTRE DE RECHERCHE EN DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL ET TECHNOLOGIQUE (CREDIT). MICHEL LECLERC EST CONSEILLER EN POLITIQUE SCIENTIFIQUE AU MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA SCIENCE. CHRISTINE MÉDAILLE EST AGENTE DE RECHERCHE AU CREDIT.



En novembre dernier, le Fonds FCAR a tenu un colloque sur le thème «La recherche universitaire au Québec: son bilan et son avenir». Comme il est d'usage en ces circonstances, les personnes qui ont organisé la rencontre ou qui y ont participé, ont cherché à mesurer la performance de la recherche québécoise en utilisant comme indicateurs le niveau d'investissement en R-D ainsi

que le nombre de diplômés et diplômées de deuxième et troisième cycles. Toutefois, alors que ce dernier indicateur est une bonne mesure de la productivité de la recherche, le premier ne constitue qu'un *input* et ne nous dit rien sur l'efficacité de l'utilisation qui est faite des sommes investies.

Au Québec, les quelques travaux consacrés à l'analyse du développement de la recherche scientifique se sont généralement limités à des discussions centrées sur la valeur des ressources financières investies, sans qu'on porte jamais une attention suffisante au fait que les budgets alloués à la recherche doivent servir à produire essentiellement deux choses: des diplômés et diplômées de deuxième et troisième cycles, et des connaissances nouvelles, véhiculées le plus souvent par des publications.

Si les données concernant les diplômés font habituellement partie des analyses sur l'état de la recherche au Québec, cela n'est pas encore le cas pour les publications. Or, à l'heure des bilans, il nous semble qu'il est temps de compléter le tableau de la recherche scientifique au Québec, en tenant compte de cet élément fonda-

mental de l'activité scientifique que constituent les publications savantes. En combinant ainsi des mesures d'*input* (dollars consacrés à la recherche universitaire) à des mesures d'*output* (les publications), on sera mieux en mesure d'évaluer la performance réelle des institutions de recherche québécoises.

Le présent article a une visée pédagogique: sensibiliser ceux et celles qui s'intéressent à la question de l'évaluation de la recherche scientifique au Québec — et plus particulièrement les «décideurs» et «décideuses» — aux méthodes qui sont utilisées couramment dans d'autres pays, et présenter quelques résultats qui montrent l'intérêt de ces méthodes.

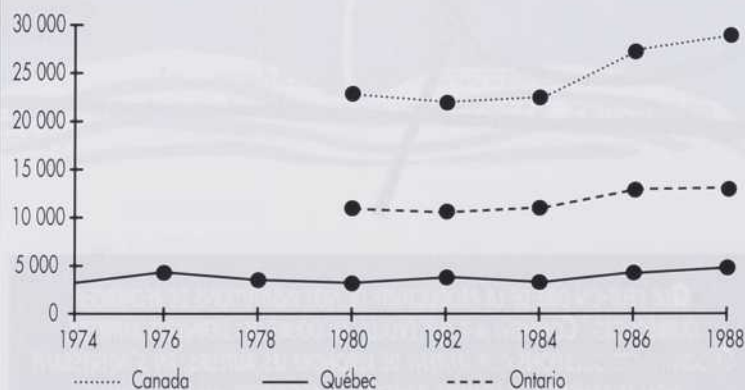
Après avoir décrit la base de données utilisées, nous situerons la production québécoise dans l'ensemble canadien avant de jeter un coup d'œil plus détaillé sur la distribution des publications scientifiques québécoises par institution et par champ disciplinaire. Il ne s'agit pas de présenter une étude détaillée mais de brosser un tableau de la recherche scientifique au Québec en utilisant des indicateurs qui restent encore peu coutumiers ici.

L'UTILITÉ DU SCIENCE CITATION INDEX

Depuis près de 20 ans maintenant, la sociologie des sciences a mis au point des outils de mesure de la productivité scientifique fondés sur l'utilisation du Science Citation Index (SCI) et de sa contrepartie pour les sciences sociales, le Social Science Citation Index (SSCI), auquel s'est ajouté le Arts and Humanities Citation Index (AHCI). Toutes ces banques de données sont produites par l'Institute for Scientific Information, dirigé par Eugene Garfield. On connaît maintenant assez bien les avantages et les inconvénients de ces outils, de même que la signification statistique des résultats qui en sont issus. Sans entrer dans les détails, soulignons qu'il est généralement admis que le SCI permet de construire des indicateurs fidèles de la production scientifique globale d'un pays, bien qu'il soit d'utilisation plus délicate sur le plan individuel¹. Le SCI contient

FIGURE 1

Nombre total de publications scientifiques entre 1980 et 1988



De 1980 à 1988, la croissance du volume des publications québécoises est de 38 p. cent, alors qu'elle est de 28 p. cent pour le Canada et de 22,5 p. cent pour l'Ontario. Toutefois, cette dernière province produit environ 47 p. cent des articles canadiens, contre 15 p. cent pour le Québec.

des informations sur les publications parues dans environ 3000 revues scientifiques réparties partout dans le monde. Pour les disciplines scientifiques (sciences pures et appliquées, génie, sciences biomédicales), il est également reconnu que les revues recensées dans le SCI sont celles qui sont le plus couramment utilisées par les scientifiques. Cela n'est par contre pas le cas en sciences sociales, où un grand nombre de revues locales d'importance ne sont pas recensées dans le SSCI. En somme, alors que le SCI est une source fiable pour l'étude de la production dans les disciplines scientifiques, le SSCI ne le serait pas vraiment si l'on voulait faire une étude comparable pour les sciences humaines et sociales. Il faudrait alors compléter les données en dépouillant manuellement bon nombre de revues québécoises et canadiennes. Pour cette raison, notre étude se limite aux disciplines scientifiques, et exclut tout le secteur des sciences humaines et sociales.

Il faut aussi noter que le nombre de revues recensées fluctue au cours des années et qu'il faut prendre en compte ce facteur dans l'interprétation des variations annuelles. Ainsi, entre 1978 et 1982, le nombre de revues scientifiques françaises recensées est passé de 140 à 119, soit une baisse de 15 p. cent³. En 1988, ce nombre est passé à 91. Quant aux revues canadiennes, 46 étaient recensées en 1985 et 41 en 1988.

TABLEAU 1

Nombre de publications par discipline au Québec, en Ontario et au Canada en 1990

	QUÉBEC		ONTARIO		CANADA	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%
Génie	526	9	1108	9	2267	8
Chimie	528	9	1375	11	2839	11
Math. et inform.	200	4	451	4	964	4
Physique	420	7	877	7	1901	7
Total des 4 secteurs	1674	29	3811	31	7971	30
Publications totales	5683	100	12 209	100	26 776	100

La répartition des publications selon les principales disciplines est à peu près la même au Québec, en Ontario et au Canada.

Les publications recensées par le SCI incluent non seulement les articles proprement dits, mais également d'autres types de documents comme les lettres, notes, articles de synthèse, corrections, résumés de communications, discussions, éditoriaux, comptes rendus de livres et de logiciels, de même que des chronologies. Comme nos données incluent l'ensemble des documents recensés, nous utilisons le terme «publications». Au cours de la période 1980-1988, les articles proprement dits constituent toujours environ les deux tiers du total des documents. Notons également que l'année de référence correspond à l'année au cours de laquelle les documents sont insérés dans les banques de données, plutôt qu'à celle de leur publication. Dans la pratique, certains documents publiés à la fin d'une année sont intégrés à la banque

de données au cours de l'année suivante. Les données recueillies sont évidemment sujettes à une certaine marge d'erreur, mais, en dépit de celle-ci, nous croyons que les tendances globales ressortent de façon suffisamment claire pour nous permettre de tirer des conclusions justes.

Nous avons défini les champs disciplinaires selon le critère de l'affiliation départementale. Ainsi, un article est classé en «chimie» ou en «mathématiques» selon que l'une des personnes qui l'a rédigé est affiliée à l'un ou l'autre des départements correspondants. Cette façon de procéder entraîne qu'un même document peut être classé simultanément dans plusieurs catégories si un auteur ou une auteure a plus d'une adresse institutionnelle ou qu'un article est signé par

TABLEAU 2

Répartition des publications par discipline selon les provinces en 1990

	QUÉBEC		ONTARIO		CANADA	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%
Génie	526	23	1108	49	2267	100
Chimie	528	19	1375	48	2839	100
Math. et inform.	200	21	451	47	964	100
Physique	420	22	877	46	1901	100
Total des 4 secteurs	1674	21	3811	48	7971	100
Total des publications	5683	21	12 209	46	26 776	100

En 1990, le Québec a produit 21 p. cent des articles scientifiques canadiens, contre 46 p. cent pour l'Ontario.



plus d'une personne. Ainsi, un article écrit en collaboration par un chimiste et une physicienne sera recensé à la fois en chimie et en physique. Pour cette raison, la somme des documents pour chaque discipline est supérieure au nombre total de documents publiés. Il en va de même pour la classification par institution. Un article écrit conjointement par des professeurs de l'Université McGill et de l'Université Laval est compté une fois pour McGill et une fois pour Laval⁴.

L'ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION SCIENTIFIQUE QUÉBÉCOISE

Comme l'indique la figure 1, le nombre total de publications en provenance du Québec et recensées par le SCI a augmenté de façon assez régulière au cours des 15 dernières années.

Globalement, la croissance du volume des publications québécoises est de 38 p. cent entre 1980 et 1988, alors qu'elle est de 28 p. cent pour le Canada et de 22,5 pour l'Ontario. Cette dernière province produit environ 47 p. cent des articles canadiens, avec une tendance à la baisse entre 1980 (48 p. cent) et 1988 (46 p. cent), alors que le Québec est responsable

d'environ 15 p. cent du total canadien avec une tendance à la hausse entre 1980 (14,3 p. cent) et 1988 (16,2 p. cent). Notons que la croissance rapide du nombre de publications canadiennes entre 1984 et 1986 n'est pas due à une variation du nombre de revues canadiennes recensées par le SCI, nombre qui est resté stable au cours de cette période. Elle reflète donc soit une augmentation réelle du nombre de publications produites, soit une présence accrue dans les revues internationales recensées par le SCI⁵.

En ce qui concerne la répartition des publications selon les principales disciplines, le tableau 1 indique qu'elle est à peu près la même au Québec, en Ontario et au Canada. Le domaine du génie, par exemple, compte pour 9 p. cent du total des articles publiés au Québec en 1990 (la proportion était la même en 1988). En Ontario, la proportion est la même alors qu'elle est de 8 p. cent pour l'ensemble du Canada. En chimie, au contraire, le Québec semble moins actif que l'Ontario et que l'ensemble du Canada: 9 p. cent des publications proviennent de ce secteur comparativement à 11 p. cent en Ontario et au Canada.

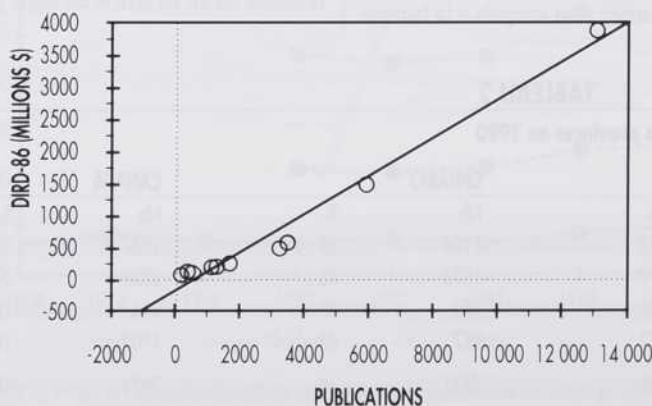
Pour ce qui est de la part des articles canadiens provenant du Québec, le tableau 2 montre qu'en 1990, elle était de 21 p. cent comparativement à 46 p. cent pour l'Ontario. Cette différence est directement reliée à l'investissement en R-D des deux provinces. En effet, la figure 2 montre qu'il existe une relation linéaire ($r^2=0,982$) entre les dépenses intérieures brutes en R-D (DIRD) d'une province et le nombre de publications qu'elle produit, la corrélation entre ces deux variables étant de 0,991. Une relation semblable unit d'ailleurs le produit intérieur brut (PIB) des pays et leur volume de publications⁶. Les DIRD sont elles aussi reliées étroitement au produit intérieur brut, le PIB (corrélation de 0,991). De façon générale, donc, la production scientifique d'un pays est directement reliée à son activité économique globale.

Il est intéressant de constater qu'il n'y a pas de corrélation (elle baisse à 0,59) entre l'indicateur DIRD/PIB, habituellement utilisé, et le volume de publications. En termes clairs, la relation entre la DIRD et le nombre de publications d'un pays ne fait que confirmer la conviction commune selon laquelle il suffit d'investir davantage en R-D pour accroître du même coup l'activité de recherche, mesurée ici par le volume de publications. À la lumière de ces données, on voit que l'écart entre le Québec et l'Ontario s'explique essentiellement par le niveau des investissements en R-D. On retrouve l'Ontario au sommet de la courbe des investissements en R-D, suivie du Québec, des provinces de l'Ouest et des provinces de l'Atlantique.

Connaissant maintenant la place du Québec dans l'ensemble canadien, comparons les institutions francophones et anglophones du Québec. Comme l'indique le tableau 3, la croissance entre 1980 et 1988 fut plus forte dans les universités francophones (52,6 p. cent) que dans les universités anglophones (38,7 p. cent). Entre 1980 et 1988, la croissance globale de la production scientifique universitaire a été de 44,8 p. cent.

FIGURE 2

Relation entre les DIRD et le nombre de publications des provinces canadiennes en 1988



Il existe une relation linéaire entre les dépenses intérieures brutes en recherche et développement (DIRD) d'une province et le nombre de publications qu'elle produit.

TABLEAU 3

Nombre de publications par type d'institution de 1980 à 1988

	1980	1982	1984	1986	1988
UNIVERSITÉS					
Anglophones	1631	1776	1715	2107	2263
Francophones	1637	1657	1638	2201	2498
Total	3208	3358	3278	4208	4646
HÔPITAUX					
Anglophones	473	466	614	693	655
Francophones	803	737	689	974	91
Total	1243	1176	1283	1625	1526
ORGANISMES GOUVERNEMENTAUX					
Gouvernement du Québec	90	94	64	92	110
Gouvernement du Canada	194	167	188	249	388
Autres organismes	287	290	267	375	397
Total Québec	4276	4347	4234	5493	5938
Canada	22 289	21 718	22 283	27 858	28 626

Le nombre de publications a connu une croissance plus forte de 1980 à 1988 dans les universités francophones (52,6 p. cent) que dans les universités anglophones (38,7 p. cent). Par contre, les hôpitaux francophones ne semblent pas avoir connu de croissance importante (14 p. cent) par rapport à leurs homologues anglophones (38,4 p. cent). Pendant cette même période, la croissance de la production scientifique universitaire a été de 44,8 p. cent et celle des hôpitaux, de 22 p. cent. Fait à noter, les organismes ont une production savante non négligeable.

Dans l'ensemble, la part des publications provenant (en partie au moins) des universités a augmenté légèrement, passant de 75 p. cent en 1980 à 78 p. cent en 1988 après avoir atteint 77 p. cent en 1982 et 1984, et 76 p. cent en 1986⁷. La part des publications universitaires produites par les institutions francophones n'augmente que faiblement après 1982: de 51,2 p. cent en 1980, cette part baisse à 49,3 p. cent en 1982, pour atteindre 52,3 p. cent en 1986 et 53,7 p. cent en 1988. Comme la proportion était d'environ 52 p. cent en 1974, il n'y a donc pas eu de croissance importante de la part des universités francophones dans l'ensemble des universités québécoises au cours des 15 dernières années⁸. En effet, au cours des années 1980, les universités francophones regroupaient 70 p. cent des professeurs et des professeurs des universités québécoises oeuvrant dans les secteurs des sciences naturelles, du génie et des sciences biomédicales, alors qu'ils produisent à peine plus que la moitié du total des publications. On peut en conclure que le

corps professoral des universités francophones est moins productif que celui des universités anglophones⁹.

Dans les hôpitaux, la croissance des publications dans les institutions francophones n'a été que de 14 p. cent, comparativement à 38,4 p. cent dans les hôpitaux anglophones, le secteur hospitalier dans son ensemble ayant vu sa production augmenter de 22 p. cent entre 1980 et 1988. La croissance de la production scientifique dans les hôpitaux francophones a donc été moins grande que dans les hôpitaux anglophones, contrairement à la tendance observée dans le secteur universitaire. Il faudrait plus de recherches pour analyser le phénomène. S'il n'indique pas une stagnation réelle des hôpitaux francophones (considérés globalement et non individuellement), il peut témoigner soit d'une difficulté accrue de publier dans les revues les plus reconnues, soit de l'atteinte d'un rythme de croissance par ces institutions. Le tableau 4 montre l'évolution du nombre de publications pour les principaux hôpitaux et centres de recherche médicaux.

De leur côté, les organismes gouvernementaux du Québec ou du Canada domiciliés au Québec ont une production savante non négligeable (tableau 3). Ils totalisent près de 500 publications en 1988. Cependant, alors que la production des premiers est demeurée relativement stable (autour de 100), celle des seconds a doublé, ce qui reflète sans doute l'ouverture au Québec de nouveaux laboratoires fédéraux. La catégorie «autres organismes» inclut surtout des industries et institutions privées, et ce secteur a crû au même rythme que l'ensemble de la production québécoise.

Le tableau 5 illustre l'évolution de la production scientifique québécoise pour les principales disciplines. La chimie semble avoir connu la croissance la plus rapide de 1980 à 1988 (63 p. cent), suivie de la physique (57 p. cent) et du génie (54 p. cent). Les secteurs de la biologie-médecine (31 p. cent) et des mathématiques (17 p. cent) ont crû moins vite que la

TABLEAU 4

Nombre de publications québécoises par hôpitaux et par centres de recherches médicaux entre 1980 et 1988

	1980	1982	1984	1986	1988
PRINCIPAUX HÔPITAUX FRANCOPHONES					
CHU-Laval	120	107	94	113	118
CHU-Sherbrooke	76	51	32	34	27
Ste-Justine	105	98	96	170	124
Institut de cardiologie de Montréal	34	56	54	46	41
Institut de recherches cliniques de Montréal	119	125	136	205	157
Institut Armand-Frappier	54	52	43	62	71
PRINCIPAUX HÔPITAUX ANGLOPHONES					
Montreal Children's	70	59	71	83	72
Montreal General	138	181	219	204	206
Montreal Neurological	42	45	58	75	97
Royal Victoria	138	135	170	182	129
Sir Mortimer B. Davis Jewish	53	37	74	98	96
ENSEMBLE DES HÔPITAUX	1243	1176	1283	1625	1526

La croissance plus importante de la production scientifique dans les hôpitaux anglophones que dans les hôpitaux francophones pourrait être le signe, pour ces derniers, soit d'une difficulté accrue de publier dans les revues les plus reconnues, soit de l'atteinte d'un rythme de croissance.



moyenne pour l'ensemble des secteurs (35 p. cent). Les hôpitaux, on l'a vu, n'ont pas connu une forte croissance, ce qui se reflète dans le secteur biologie-médecine. Il est probable, cependant, que le secteur universitaire de la biologie ait crû plus fortement que la moyenne, mais cela reste à vérifier.

Si l'on s'attarde maintenant à la performance des principales universités (tableau 6), il ressort que ce sont les institutions francophones qui ont

selon les quatre champs disciplinaires retenus. Ce tableau montre que même si l'Université McGill publie globalement autant que les universités de Montréal et Laval réunies, ce n'est pas le cas pour l'ensemble des disciplines. Selon les données de 1988, les secteurs prédominants de l'Université McGill sont la chimie, avec 39 p. cent de la production québécoise dans ce secteur, et le génie avec 40 p. cent. L'Université de Montréal — incluant l'École polytechnique —, pour sa part, se distingue en génie, en mathématiques et en physique. À l'Université Laval, seule la physique s'écarte sensiblement de la moyenne de l'institution. Pour des raisons techniques, nous n'avons pu recueillir de données pour le secteur biomédical, qui entretient des relations complexes avec les hôpitaux. Malgré cela, ce tableau montre bien l'utilité de données quantitatives pour mettre en évidence les secteurs les plus actifs d'une province ou d'une institution. Enfin, le tableau 8 indique la part que les principales disciplines occupent dans la production scientifique totale des trois principales universités. On voit que l'Université McGill investit particulièrement dans le secteur biomédical, les quatre champs disciplinaires retenus ne représentant que 28 p. cent

des publications issues de cette institution comparativement à 40 p. cent pour l'Université de Montréal et 30 p. cent pour Laval. Ce tableau permet aussi de comparer l'activité de chacune des institutions dans un champ disciplinaire donné avec la moyenne du Québec dans le même secteur. Cela confirme les secteurs les plus actifs que nous avons relevés plus haut pour chacune des institutions: le génie pour les universités McGill et de Montréal, la chimie pour l'Université McGill, la physique et les mathématiques pour l'Université de Montréal, la physique pour l'Université Laval. Notons que 65 p. cent de toutes les publications du Québec proviennent de ces trois universités.

LA PRODUCTIVITÉ DES CHERCHEUSES ET CHERCHEURS AU QUÉBEC

Au-delà de ce survol des principales conclusions que l'on peut tirer d'une analyse de la production scientifique des chercheuses et chercheurs québécois, on peut aussi se demander de quelle façon cette production scientifique est reliée à d'autres indicateurs comme le nombre de professeures et de professeurs ou l'importance des subventions obtenues. On pourra ainsi obtenir une mesure de la

TABLEAU 5

Nombre de publications québécoises par discipline entre 1980 et 1988

DISCIPLINES	1980	1982	1984	1986	1988
Chimie	346	345	307	397	564
Mathématique	162	150	141	176	190
Génie	320	349	357	478	494
Physique	265	321	290	387	416
Biologie-médecine	2400	2423	2351	2915	3149
Publications non classées	974	982	967	1424	1483
Total des publications classées	3302	3365	3267	4069	4455

La chimie semble avoir connu la croissance la plus rapide de 1980 à 1988 (63 p. cent), suivie de la physique (57 p. cent) et du génie (54 p. cent). Les secteurs de la biologie-médecine (31 p. cent) et des mathématiques (17 p. cent) ont crû moins vite que la moyenne pour l'ensemble des secteurs (35 p. cent).

le plus accru leur production entre 1980 et 1988, alors que les institutions anglophones ont eu une croissance inférieure à la moyenne de l'ensemble, qui est de 44,8 p. cent. Pendant que les universités McGill et Concordia ont vu le nombre de leurs publications croître de 39,7 p. cent et de 35 p. cent respectivement, l'École polytechnique de Montréal a accru sa production de 106 p. cent au cours de cette période. Le réseau de l'Université du Québec, incluant les instituts nationaux de la recherche scientifique (INRS), a augmenté sa production de 89 p. cent, suivi par l'Université Laval avec 88 p. cent. Viennent ensuite les universités de Sherbrooke (33 p. cent) et de Montréal (24 p. cent).

Le tableau 7 nous indique la répartition des publications des trois principales universités québécoises

TABLEAU 6

Nombre de publications québécoises par université entre 1980 et 1988

UNIVERSITÉS	1980	1982	1984	1986	1988
Concordia	200	215	190	246	271
McGill	1437	1568	1528	1869	2008
Laval	408	486	467	611	769
Montréal	782	738	690	936	975
École polytechnique	92	105	114	167	190
Sherbrooke	229	236	235	288	305
UQ	203	186	178	322	384
Total des publications universitaires	3208	3358	3278	4208	4646

Ce sont les institutions francophones qui ont le plus accru leur production entre 1980 et 1988. En effet, alors que les universités McGill et Concordia ont vu le nombre de leurs publications croître de 39,7 p. cent et 35 p. cent respectivement, l'École polytechnique de Montréal a accru sa production de 106 p. cent au cours de cette période. Le réseau de l'Université du Québec, incluant les INRS, a augmenté sa production de 89 p. cent, suivi par l'Université Laval (88 p. cent). Viennent ensuite les universités de Sherbrooke (33 p. cent) et de Montréal (24 p. cent).

TABLEAU 7

Répartition des publications des trois principales universités québécoises, selon les quatre champs disciplinaires retenus en 1988

	Université McGill	Université de Montréal et École polytechnique	Université Laval	Somme des 3 universités*
Génie	40 %	35 %	15 %	90 %
Chimie	39 %	19 %	9 %	67 %
Math. et inform.	27 %	40 %	11 %	78 %
Physique et météorologie	26 %	30 %	24 %	80 %
Pour les 4 disciplines*	35 %	29 %	14 %	78 %
Pour le Québec	34 %	19 %	13 %	66 %

*Total non corrigé pour les collaborations interuniversitaires

Même si l'Université McGill publie globalement autant que les universités de Montréal et Laval réunies, ce n'est pas le cas pour l'ensemble des disciplines. Selon les données de 1988, les secteurs prédominants de l'Université McGill sont la chimie, avec 39 p. cent de la production québécoise dans ce secteur, et le génie avec 40 p. cent. L'Université de Montréal, pour sa part, se distingue en génie, en mathématiques et en physique. À l'Université Laval, seule la physique s'écarte sensiblement de la moyenne de l'institution.

productivité des institutions engagées dans la recherche universitaire et enfin dépasser les simples mesures du degré d'investissement, dont nous avons noté les limites dans notre introduction. La figure 3 synthétise ces données, pour les trois universités les plus actives en recherche, en indiquant la proportion des professeurs et professeurs d'université à plein temps en sciences, en génie et en sciences biomédicales affiliés à chacune des trois principales universités¹⁰, le pourcentage des publications scientifiques québécoises provenant de chacune de ces institutions et celui des subventions octroyées par le CRSNG, le CRM et le Fonds FCAR en 1986-87¹¹. Cette comparaison permet de voir directement que l'Université McGill est beaucoup plus productive que les universités francophones par unité de professeur (33 p. cent des publications et 23,9 p. cent du corps professoral) et un peu moins par unité de dollar (35 p. cent des subventions), l'Université de Montréal (incluant l'École polytechnique) est, pour sa part, moins productive par dollar (19 p. cent des publications avec 25 p. cent des subventions) et par professeur (24,2 p. cent du corps professoral). De même, l'Université

Laval produit moins d'articles (15 p. cent) que sa part de subventions (23 p. cent) et que sa part de professeurs et professeurs (19,1 p. cent). Conjointement, ces trois institutions recueillent 83 p. cent de l'ensemble des subventions, mais produisent seulement 65 p. cent des articles. Cela souligne le fait que les autres universités réussissent tout de même à produire 35 p. cent des articles avec 17 p. cent des subventions et 23 p. cent du corps professoral. Naturellement, des variations existent

aussi selon les disciplines. En chimie, par exemple, le nombre de professeurs et professeurs est à peu près le même pour les trois universités (29 à l'Université McGill, 27 à l'Université de Montréal et 20 à l'Université Laval)¹², alors que le nombre de publications est très différent: 221 à l'Université McGill, 105 à l'Université de Montréal et 48 à l'Université Laval. Il faut aussi noter que le coût d'une publication n'est pas le même pour toutes les disciplines; la physique nucléaire, par exemple, nécessite davantage d'investissements que les mathématiques. Cela pourrait expliquer que pour ces trois institutions, le pourcentage de subventions est supérieur au pourcentage d'articles. Une étude plus approfondie devrait être entreprise pour mieux comprendre la productivité de l'Université McGill par professeur: est-elle due à la présence de chercheuses et chercheurs postuniversitaires qui ne sont pas comptabilisés dans le corps professoral? Les chercheurs sont-ils mieux équipés et ont-ils davantage de techniciens et d'assistants de recherche? Des cultures institutionnelles différentes pourraient également expliquer les différences observées.

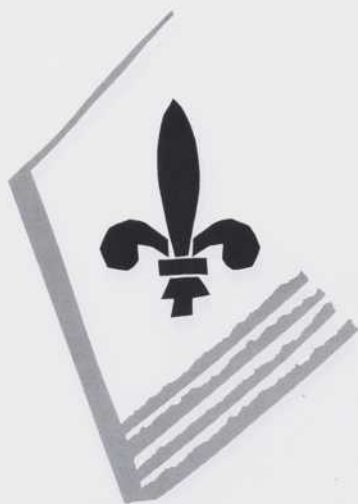
On pourrait continuer cet exercice en comparant chacune des disciplines en fonction des universités et en identifiant les secteurs les plus productifs. Ce n'est toutefois pas l'objectif du présent texte. Celui-ci vise plutôt à

TABLEAU 8

Pourcentage des publications des universités selon les disciplines en 1988

UNIVERSITÉS	McGill		Montréal et École polytechnique		Laval		Total Québec	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%
Génie	198	10	173	15	75	10	446	8
Chimie	221	11	105	9	48	6	374	9
Math. et inform.	44	2	64	6	17	2	125	3
Physique et météorologie	94	5	110	10	88	12	292	6
Autres disciplines	1451	72	679	60	541	70	2671	74
Total des publications de l'université	2008	100	1131	100	769	100	4508	100

Ce tableau confirme que les secteurs les plus actifs sont: le génie pour les universités McGill et de Montréal; la chimie pour l'Université McGill, la physique et les mathématiques pour l'Université de Montréal et la physique pour l'Université Laval.



montrer qu'il est possible de construire des indicateurs de productivité qui relient les *input* aux *output* et qui peuvent mettre en évidence les forces et les faiblesses de chacune des universités de façon bien plus convaincante que les simples comparaisons de niveaux d'investissement par secteur, du type de celles faites dans le document sur le bilan de la recherche universitaire au Québec mentionné dans l'introduction.

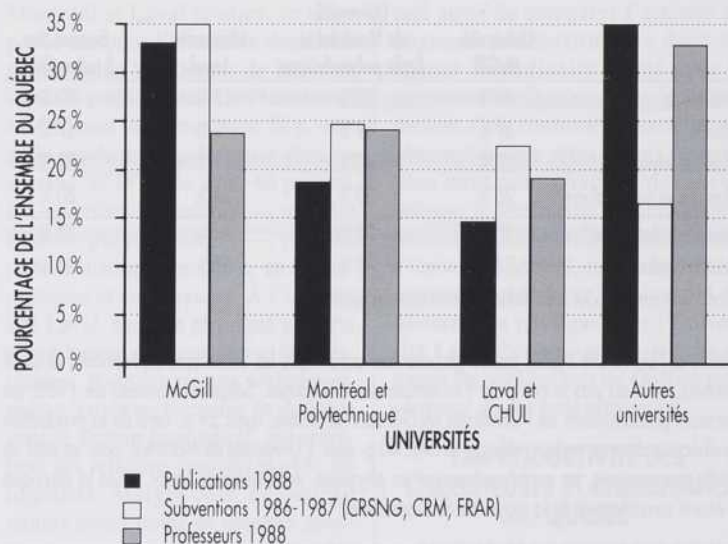
En conclusion, il est important de rappeler que les méthodes présentées ici peuvent être raffinées mais que cet exercice donne déjà une idée préliminaire des résultats de l'activité scientifique québécoise. À titre d'exemples de travaux qui nous renseigneraient sur la vitalité de la recherche, mentionnons que l'on pourrait étudier les collaborations internationales entre chercheurs québécois et étrangers. À l'heure de la «concertation» entre établissements québécois, on pourrait également étudier les collaborations entre les diverses institutions québécoises¹³. La scientométrie offre donc des méthodes utiles à ceux et celles qui s'intéressent à l'évaluation de la production scientifique d'un pays. Malgré leurs limites, il serait dommage de ne pas les utiliser, même s'il est inévitable que les résultats obtenus deviennent des enjeux entre les institutions «observées», qui auront parfois intérêt à mettre en cause la validité de telles analyses lorsque leurs résultats ne refléteront pas l'image qu'elles ont d'elles-mêmes. ■

Références

1. Une partie de cette recherche a été financée par la Direction du développement scientifique du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science du Québec.
2. Voir LEYDESDORFF, L. «The Science Citation Index and the Measurement of National Performance in Terms of Number of Publications», *Scientometrics*, vol. 17, 1989, p. 111-120; ANDERSON, Joe *et al.* «On-line Approaches to Measuring National Scientific Output: a Cautionary Tale», *Science and Public Policy*, vol. 15, n° 3, juin 1988, p. 153-161.
3. GARFIELD, E. «French Research: Citation Analysis Indicates Trends Are More Than Just a Slip of the Tongue», *Current Contents*, n° 23, 6 juin 1988, p. 9 et du même auteur: «Hos ISI Selects Journals for Coverage: Quantitative and Qualitative Considerations», *Current Contents*, n° 22, 28 mai 1990, p. 5-13.

FIGURE 3

Comparaison entre les publications, les subventions et les professeurs de trois universités québécoises



L'Université McGill est beaucoup plus productive que les universités francophones par unité de professeur et un peu moins par unité de dollar. L'Université de Montréal (incluant l'École polytechnique) est, pour sa part, moins productive par dollar et par professeur, tout comme l'Université Laval.

4. Le «génie» inclut toutes les formes de génie: génie chimique, physique, électrique, civil, etc. Les mathématiques incluent statistiques, mathématiques appliquées, informatique et «computer science». La physique comprend la météorologie, l'astronomie, l'astrophysique et les «space sciences». La chimie ne comprend que les départements de chimie. Le secteur biomédical inclut les sciences biologiques et médicales de même que tous les articles provenant des hôpitaux. On pourrait naturellement définir les catégories de façon différente, mais celles que nous avons utilisées nous semblent adéquates.

5. Au cours des années 1980, le Canada est d'ailleurs l'un des rares pays de l'OCDE (avec le Japon et les Pays-Bas) à voir sa part de publications croître par rapport au total mondial. Voir Ben R. MARTIN *et al.*, «Recent Trends in the Output and Impact of British Science», *Science and Public Policy*, vol. 17, n° 1, 1990, p. 14-26.

6. Voir D.J. de SOLLA PRISE, «Measuring the Size of Science», *Proceedings of the Israel Academy of Science and Humanities*, vol. 4, 1969, p. 98-111; H. INHABER, «Scientists and Economic Growth», *Social Studies of Science*, vol. 7, 1977, p. 517-524.

7. Ce calcul ne tient pas compte des collaborations entre différentes institutions, de sorte que le total dépasse quelque peu 100 p. cent. Si l'on corrige le total pour tenir compte du fait qu'une publication écrite par deux personnes est comptée deux fois, la contribution des universités est d'environ 65 p. cent du total des publications (63,8 p. cent en 1980 et 65,7 p. cent en 1988).

8. Voir Michel AMYOT, «La langue de publication des chercheurs québécois et français selon les données de l'Institut for Scientific Information, 1974-1980», dans *L'avenir du français dans les publications et communications scientifiques et techniques*, vol. 3 (Documentation du Conseil de la langue française, vol. 13, Québec, 1983), p. 175-183. Étant donné que cette étude ne retenait que le premier auteur ou la première auteure des articles alors que nous les retenons tous, le chiffre de 52 p. cent pour l'année 1974 n'est pas exactement comparable aux chiffres obtenus dans notre étude. Il donne toutefois une bonne indication de la stabilité de la part des publications produites par les universités francophones.

9. En 1979, la proportion était de 72,9 p. cent (voir AMYOT, *op.cit.*, p. 178) et en 1988, elle était de 69,4 p. cent du total des professeurs et professeurs à temps plein, selon les données de l'enquête sur le personnel enseignant, octobre 1988, qui nous ont été transmises par le MESS.

10. Selon les données de l'enquête sur le personnel enseignant, octobre 1988, MESS.

11. Conseil de la science et de la technologie, *Science et technologie. Rapport de conjoncture 1988*, Québec, 1988, tableau 3.5, p. 94. Les données pour le Fonds FCAR ont été complétées à partir du rapport annuel 1986-87.

12. Selon les données de l'enquête sur le personnel enseignant, octobre 1988, MESS.

13. Des recherches dans ce sens sont actuellement menées par Yves Gingras et Michel Leclerc.



Pour atteindre un développement durable, il est essentiel de mettre en valeur nos ressources naturelles dans le respect des grands équilibres de la planète. Cela suppose que nous pourrions contrôler de mieux en mieux les impacts de toutes nos opérations sur les ressources, que nous pourrions éliminer le gaspillage et que nous apprendrions à utiliser l'énergie, comme chacune de nos ressources, de la façon la plus efficace possible.

Ce défi, c'est la recherche scientifique qui nous aidera à le relever, tout comme elle nous a permis hier d'apprendre à tirer de mieux en mieux profit des ressources naturelles. C'est la recherche qui détient la clé de ce développement durable auquel nous aspirons tous.

C'est pourquoi il me fait plaisir, en tant que ministre de l'Énergie et des Ressources, de m'associer à ce 59^e congrès de l'Association canadienne-française pour l'avancement des sciences et de souhaiter le plus fructueux des congrès à tous ceux qui participeront à ce grand forum d'échange de connaissances.

A handwritten signature in cursive script that reads "Lise Bacon".

Lise Bacon
vice-première ministre et
ministre de l'Énergie et des Ressources



Gouvernement du Québec
Ministère de l'Énergie
et des Ressources

LE PROJET DU GÉNOME HUMAIN: FAUT-IL CRAINDRE LA SCIENCE?

DRESSER SYSTÉMATIQUEMENT LA CARTE PHYSIQUE DE L'ENSEMBLE DU GÉNOME HUMAIN ET «SÉQUENCER» UNE À UNE LES QUELQUE TROIS MILLIARDS DE PAIRES DE NUCLÉOTIDES CONTENUES DANS LES QUELQUE 100 000 GÈNES RÉPARTIS SUR LES 46 CHROMOSOMES: C'EST LÀ L'ESSENTIEL D'UN DES PROJETS LES PLUS AMBITIEUX QUE LES SCIENTIFIQUES N'AIENT ENTREPRIS À CE JOUR, LE PROJET DU GÉNOME HUMAIN. SCIENCE-FICTION? PAS DU TOUT. CERTES, IL S'AGIT LÀ D'UN ÉNORME DÉFI TECHNOLOGIQUE, MAIS IL EST RÉALISABLE. CE PROJET MOBILISE MÊME DÉJÀ D'IMPORTANTES RESSOURCES HUMAINES, FINANCIÈRES ET MATÉRIELLES DE LA PART DE NOMBREUX PAYS, DONT LES ÉTATS-UNIS, LA FRANCE, L'ANGLETERRE ET LE JAPON.

MAIS QUE DIRE DE CE MÉGAPROJET DU POINT DE VUE ÉTHIQUE ET SOCIAL? LA CONTROVERSE EST VIVE ET INTERFACE SE DEVAIT DE CONTRIBUER À LA RÉFLEXION SUR CE SUJET QUI CONCERNE NON SEULEMENT TOUS LES SCIENTIFIQUES, MAIS AUSSI LE PUBLIC. NOUS VOUS PROPOSONS DONC DEUX TEXTES SUR CETTE QUESTION, QUI FERA D'AILLEURS L'OBJET D'UN COLLOQUE LORS DU PROCHAIN CONGRÈS DE L'ACFAS, À SHERBROOKE. CES TEXTES SONT SUIVIS D'UN ARTICLE SUR LA CRÉATION DE LA SECTION QUÉBÉCOISE DU MOUVEMENT POUR LA RESPONSABILITÉ SCIENTIFIQUE, CRÉATION QUI AURA LIEU DANS LE CADRE DE CE COLLOQUE, LE 22 MAI 1991.







VERS UN AVENIR RÉFLÉCHI

PAR JEAN DAUSSET

Jean Dausset a obtenu le prix Nobel de médecine en 1980. Ses recherches en immuno-hématologie l'ont mené à la découverte du système HLA (Human Leucocyte Locus A) et de son rôle dans le rejet des greffes. Il a fondé avec le P^r Daniel Cohen le Centre d'étude du polymorphisme humain (CEPH). Il est également directeur de la branche française du Projet de cartographie et de séquençage du génome humain (projet HUGO).

L'être humain ne doit plus subir son sort car il peut désormais orienter sa destinée vers un avenir réfléchi. Cette assertion peut sembler orgueilleuse, mais elle reflète bien la domination de la nature que l'être humain, grâce à la science, a progressivement acquise. Cependant, si toute conquête libère l'être humain de multiples fardeaux, elle peut aussi bien l'enchaîner s'il n'y prend garde.

La compréhension puis la maîtrise de la molécule d'ADN qui transmet et perpétue la vie sur la terre, sont parmi les plus belles conquêtes dans l'histoire humaine, et il est encore difficile d'en apprécier les immenses bénéfices, mais aussi les dangers.

À chaque avancée de la connaissance, l'esprit humain s'inquiète, l'inconnu l'effraie. Mais nous savons bien que rien n'arrête sa curiosité insatiable, curiosité qui fait d'ailleurs sa grandeur. L'être humain est prêt à assumer tous les risques pour en savoir plus sur lui-même et son environnement.

En une génération de chercheurs, la structure et la composition de la molécule d'ADN ont été connues. Le message de la vie a été décodé. Et les outils nécessaires à sa transformation, sa «manipulation» (mot détestable par sa connotation péjorative) ont été forgés et exploités.

C'est de cette exploitation qu'il est question maintenant. Elle fait l'objet, heureusement, d'un large débat de société.

Déjà, les retombées bénéfiques sont multiples. Les bactéries trouvées dans la nature sont depuis des siècles des auxiliaires apprivoisées par l'humain (bien des fermentations qui font le plaisir de la table leur sont dues). Des bactéries, désormais *reprogrammées*, effectuent d'autres tâches primordiales pour notre bien-être, aidant, par exemple, à la dépollution ou à la fabrication de précieux produits thérapeutiques.

Sur les animaux dits «supérieurs», les exploits sont nombreux, qu'il s'agisse des bovins sécrétant dans leur lait des molécules utiles ou des souris dans lesquelles des gènes ont été introduits, servant de modèles pour l'étude des maladies humaines.

Nous n'insisterons pas sur ces faits, dont le côté sensationnel a trop souvent été exploité par les médias. Nous nous limiterons ici aux espoirs et aux craintes que suscite l'application de ces techniques au génome humain.

Le premier principe que l'on doit établir fermement est que l'ADN fait partie intégrante du corps humain et que le corps humain dans toutes ses parties, qu'il s'agisse d'organes, de tissus, de cellules ou de matériel génétique — c'est-à-dire d'ADN — dans son intégralité, est inaltérable. Il ne peut être considéré comme une chose; on lui doit donc le respect. En conséquence, le corps humain et tous ses éléments n'ont pas de prix et ne peuvent être source de profit, comme cela a été maintes fois répété, en particulier par le Comité national d'éthique français. Il en découle que l'ADN ne peut être breveté. Seuls les procédés utilisés pour son application à des buts thérapeutiques peuvent éventuellement l'être.

Le deuxième principe sur lequel toute notre philosophie doit reposer est aussi clair: la maîtrise de notre patrimoine génétique ne peut être utilisée qu'au bénéfice de l'être humain.

On a déjà versé beaucoup d'encre pour expliquer le bien-fondé du grand Projet du génome humain. C'est certainement un programme grandiose qui doit être mené à bien, mais encore faut-il le rationaliser, le proportionner en fixant les priorités.

Le but n'est pas simplement de connaître l'enchaînement des quatre bases, des quatre «lettres» qui composent le filament de trois milliards et demi de nucléotides. Présenté de la sorte, l'objectif apparaît comme un défi technologique prodigieux, mais sans grande signification heuristique. À quoi cela pourrait-il servir de déchiffrer un livre sans que nous en connaissions la langue et, a fortiori, la syntaxe?

Une telle façon d'aborder la question est tendancieuse et injuste. En effet, après maintes discussions et réflexions des spécialistes, on en arrive aujourd'hui à une notion plus pragmatique: celle de commencer cette lecture par les parties du génome, qui produisent les milliers de protéines qui nous composent. Pour cela, il suffit d'utiliser une copie du programme qui s'exprime dans le cytoplasme de chaque cellule sous forme d'ARN et qui correspond aux protéines spécifiques des fonctions des tissus et des organes dans lesquels cet ARN aura été prélevé. C'est le but que s'est fixé le programme français et c'est, depuis peu, celui qui a été adopté aux États-Unis. La sagesse a prévalu.

Enfin, il a été implicitement décidé de s'attaquer aux parties du génome que l'on sait être importantes, tant pour comprendre le fonctionnement normal que pour expliquer les anomalies génétiques observées dans certaines familles. De cette connaissance fondamentale, acquise par une méthodologie systématique, découleront, sans aucun doute, de nouveaux concepts, de nouvelles perspectives ouvrant des portes utiles à notre santé.

L'éthique nous impose de nous attaquer *en priorité* à l'étude des maladies génétiques, répandues et souvent très graves, dont souffrent des milliers de familles atteintes entre autres d'hémophilie, de thalassémie, de mucoviscidose ou de myopathie. Localiser sur les chromosomes le gène responsable et en établir les altérations, en comprendre le mécanisme normal et pathologique, représentent un devoir. C'est le seul moyen pour pouvoir espérer un jour en corriger les effets néfastes.

C'est dans ce but qu'en 1984, quatre ans avant le lancement par les Américains du Projet du génome humain, nous avons, avec Daniel Cohen, créé le Centre d'étude du polymorphisme humain (CEPH). Le principe en est simple: permettre à de nombreux laboratoires répartis dans le monde de travailler sur le même matériel familial (60 familles avec une moyenne de 8 enfants) et d'établir ainsi des repères — on dit aussi des «marqueurs» — tout le long des 23 paires de chromosomes. C'est grâce à ces repères que l'on peut ensuite localiser les gènes des maladies génétiques, premier pas en vue de les isoler

PRATT & WHITNEY
CANADA

et de les analyser. Déjà, les gènes de la mucoviscidose et de la myopathie de Duchêne ont été localisés de la sorte, ainsi que d'autres. Nous sommes heureux d'avoir pu contribuer à ces découvertes, grâce à cette collaboration internationale. On sait qu'il y a plus de 3 000 maladies génétiques. Il y a donc encore beaucoup à faire.

Mais notre ambition ne se limite pas aux maladies monogéniques (dues à une mutation d'un seul gène). Nous pensons nous attaquer également aux maladies dues à la présence malencontreuse chez un même individu de plusieurs gènes nécessaires au déclenchement de maladies comme l'hypertension, le diabète ou certains cancers. La même méthodologie pourra être appliquée. C'est un travail de longue haleine. Il est néanmoins à notre portée, je veux dire à la portée de la communauté scientifique internationale.

Tous ces travaux devraient conduire à une nouvelle médecine, la médecine prédictive. Car ne vaut-il pas mieux prévenir que guérir et pour prévenir, il faut prédire. Cette médecine prédictive permettra à chacun et chacune de gérer sa propre santé d'une façon plus rationnelle; elle permettra d'établir une médecine préventive non plus à l'aveugle et de masse — comme l'était, par exemple, la vaccination — mais de développer une véritable médecine individuelle.

Je ne pense pas qu'il faille agiter comme un épouvantail la possibilité que la connaissance plus approfondie de notre patrimoine génétique puisse entraîner les angoisses qu'elle peut faire naître chez certains, ou des abus comme l'utilisation de ces connaissances par les compagnies d'assurances ou les employeurs. Toute découverte et tout progrès humains ont deux faces, l'une bénéfique et l'autre néfaste. Mais dans le cas qui nous intéresse ici, les bénéfices sont tellement supérieurs aux risques que nous devons nous réjouir de cette nouvelle percée de la génétique moléculaire.

Car la thérapie génique est au bout de la route. Pouvoir introduire chez une personne malade le gène correcteur n'est plus de la science-fiction. Toutefois, il ne faut pas confondre cette technique, qui s'apparente à une simple greffe, avec l'introduction d'un gène dans une cellule reproductrice. La modification serait alors héréditaire, transmise de génération en génération. Dans l'état actuel de nos connaissances, il est essentiel de ne pas modifier le patrimoine génétique de l'humanité, que nous serions capables de détériorer plutôt que d'améliorer.

Tous ces problèmes très graves seront évoqués dans le cadre d'un colloque, au Canada, consacré à l'éthique de la génétique (59^e Congrès de l'Acfas, Sherbrooke, mai 1991) et au cours de la séance de fondation de la branche québécoise du Mouvement universel pour la responsabilité scientifique (MURS), dont la mission est de faire prendre conscience à tous de la responsabilité de la science face à l'avenir de l'être humain. En effet, celui-ci ne doit plus subir son sort car il peut désormais orienter sa destinée vers un avenir réfléchi. ■

 UNIVERSITÉ
LAVAL

Océanographie,
Polymères,
Catalyse,
Génétique moléculaire,
Biologie végétale des interactions plantes-pathogènes,
Entomologie,
Minéralurgie,
Matériaux de pointe,
Pyrolyse des déchets,
Réhabilitation des ouvrages en béton,
Assainissement des eaux,
Génie routier,
Communications,
Optique, Photonique et laser,
Vision et systèmes numériques,
Systèmes mécaniques,
Systèmes experts,
Astrophysique,
Physique des surfaces.

La maîtrise ou le doctorat vous intéresse,

qu'il s'agisse d'approfondir vos connaissances en sciences pures ou appliquées

vous trouverez à la Faculté des Sciences et de génie de l'Université Laval un domaine de recherche répondant à vos aspirations.

**Pour information :
Vice-Doyen à la Recherche
Faculté des sciences et de génie,
Université Laval, Sainte-Foy,
Québec, tél.: (418) 656-2788**



PRATT & WHITNEY
CANADA

LE POUVOIR DE L'IMAGINATION

e Pr
man
ton
clés
Apolla
techno
médica
roques
En dé
aura ac
que. Il p
sont à l'
reprogr
Un vi
milieu
exempl
D'un c
pensab
décine
projets
ces sur
de l'In
(Géné
partic
mism
État-U
sur la d
Voici
veur e
tuer
et du
Mises
vestir
que des
vesti) a
l'ensem
codéme
HUGO
sujet la
le dével
raison
qui à r
norma
Rappel
nettem
Gallon
posé les
la fois
fonder
ment s'
basé e
sélection
général
par des



UNE PROBLÉMATIQUE ÉTHIQUE ET SOCIALE

PAR MARCEL J. MÉLANÇON, BRUNO LECLERC, RICHARD GAGNÉ ET SUZANNE NOOTENS

Le Projet de cartographie et de séquençage du génome humain (projet HUGO) place la génétique dans une situation similaire à celle de la physique avant la fission nucléaire ou à celle de l'aérospatiale avant le voyage Apollo. S'il annonce une ère nouvelle pour les sciences et technologies biomédicales, en particulier pour la génétique médicale, il porte aussi la même ambivalence: d'une part, des risques certains et, d'autre part, des avantages indéniables.

En déchiffrant son propre code génétique, l'être humain aura accès à l'information qui définit son identité biochimique. Il pourra corriger les «erreurs de programmation» qui sont à l'origine des maladies génétiques, mais il pourra aussi reprogrammer son génome, dans un avenir plus lointain.

Un vif débat s'est amorcé à ce sujet dès 1986, tant dans le milieu scientifique que dans le public. En France, par exemple, deux mouvements peuvent illustrer les tendances. D'un côté, le MURS (Mouvement universel pour la responsabilité scientifique) — présidé par le Prix Nobel de médecine Jean Dausset, directeur de la branche française du projet HUGO — soutient qu'il faut acquérir des connaissances sur le génome, mais en limiter les utilisations au bénéfice de l'humanité. De l'autre côté, le mouvement GEL (Génétique et liberté) s'oppose catégoriquement au projet parce que celui-ci, dit-on, donnera lieu à un nouvel eugénisme et à des applications desservant les individus. Aux États-Unis, le Council for Responsible Genetics met l'accent sur la discrimination génétique qui découlerait de ce projet.

Voici, en résumé, les principaux arguments apportés en faveur et à l'encontre du projet, arguments qui peuvent constituer une problématique éthique et sociale de la cartographie et du séquençage du génome humain.

LES CRAINTES ENGENDRÉES

Mises à part les discussions concernant l'opportunité d'investir des sommes considérables pour ce projet (n'y aurait-il pas des besoins plus urgents ou des recherches plus productives?) ainsi que les questions d'approche (faut-il «séquençer» l'ensemble du génome ou analyser prioritairement les parties codantes?), l'argument le plus important contre le projet HUGO concerne l'avènement d'un *nouvel eugénisme*. En effet, la connaissance détaillée du matériel génétique humain et le développement de technologies qui en découleraient, pourraient susciter une relance de l'eugénisme. C'est cet argument qui a retardé le démarrage du programme européen en raison, notamment, des réticences du gouvernement allemand.

Rappelons que l'«eugénisme» définit une idéologie qui est nettement antérieure à la formation du concept par Francis Galton en 1883. Déjà Platon (IV^e siècle av. J.-C.) en avait posé les fondements dans *La République*. L'eugénisme est à la fois un mouvement idéologique et politique qui tente de se fonder sur des bases scientifiques. Les adeptes de ce mouvement s'opposent à ce que la reproduction soit laissée au hasard et au gré des individus, en vue de la remplacer par une sélection artificielle. Pour Francis Galton, la science et le progrès étant inséparables, on pourrait améliorer la race humaine par des méthodes scientifiques à la façon dont les horticulteurs

procèdent. Ses présupposés scientifiques étaient explicites: les caractères humains (bio-psycho-sociaux) sont transmissibles héréditairement.

Le célèbre biologiste français Jean Rostand est plus près de nous. Dans son livre *L'Homme*, il s'inscrit dans le mouvement eugéniste.

«Conscients du péril qui menace l'espèce, les partisans de l'Eugénisme souhaitent substituer à la sélection naturelle d'autrefois une sélection artificielle, volontaire et qui, celle-là, porterait non pas sur les individus mais sur leurs germes. Il y a deux manières d'opérer la sélection: soit en écartant de la reproduction les individus capables de transmettre de mauvais gènes (et c'est l'Eugénisme *négative*), soit en favorisant la reproduction des individus capables de transmettre de bons gènes (et c'est l'Eugénisme *positive*).

«(...)L'Eugénisme positive représente donc, à tous égards, un très grand espoir, peut-être le plus ambitieux de tous les espoirs humains. Mais l'humanité acceptera-t-elle de se discipliner elle-même et d'user, pour son élévation, des moyens que lui confère la biologie? Ces moyens, ils sont de nature à lui inspirer quelque répugnance. Et les adversaires de l'Eugénisme positive ne laissent pas d'avoir une position forte quand ils protestent au nom de la liberté, de la dignité individuelles. (...) Là encore, et comme pour l'Eugénisme négative, il appartiendra à la collectivité de se prononcer et d'opter ou pour la stagnation, voire la déchéance génétique, ou pour le progrès indéfini. À elle d'assumer ses responsabilités. Quand elle sera pleinement avertie des possibilités de grandeur que lui ouvrirait la sélection organique, elle les balayera avec ses scrupules et des dégoûts, et se prononcera en connaissance de cause pour ou contre cette discipline reproductrice par quoi elle aurait chance d'atteindre à ses sommets!.»

Aucun généticien, biochimiste, biologiste ou philosophe ne tiendrait un tel discours aussi ouvertement aujourd'hui et ne prônerait explicitement de telles méthodes. C'est cependant ce genre d'idéologie et de politique sociale que veulent dénoncer dès à présent certains opposants au projet HUGO. Selon eux, les risques pour les prochaines générations sont trop grands, les moyens dont on disposera seront trop puissants et l'idéologie sera trop tentante pour que des groupes d'individus ou des États ne succombent pas à la tentation de faire des politiques pour améliorer l'espèce humaine au détriment de la dignité et des droits de la personne.

Ces opposants craignent également le développement non plus d'un eugénisme d'État, mais d'un *eugénisme privé*, où les couples décideraient librement, sans contrôle ni contrainte d'État, de sélectionner à leur convenance les caractéristiques génétiques des enfants à naître («bébés parfaits», «bébés à la carte»). Bref, un eugénisme qui procéderait de manière souple et individualisée, en fonction des valeurs dominantes des sociétés.

Une seconde question relative au projet HUGO a trait *au sens de l'existence*. Toute personne sait qu'elle va mourir. Cependant, elle vit, agit, se mobilise et construit comme si elle était immortelle. Elle vit d'espoir en l'avenir. À mesure que

Marcel J. Mélançon et Bruno Leclerc sont professeurs-chercheurs en bioéthique, le premier au Département de philosophie du Collège de Chicoutimi et le second, au Collège de Rimouski. Richard Gagné travaille au Département de génétique du Centre hospitalier de l'Université Laval (CHUL) et Suzanne Nootens est professeure à la Faculté de droit de l'Université de Sherbrooke. Ces quatre personnes font partie du Groupe de recherche en génétique et éthique du Québec (GÉNETHIQ).

FRATTS WHITNEY CANADA

les marqueurs génétiques et les gènes des maladies seront découverts, il sera possible de savoir par anticipation si le génome d'une personne la «destine» à mourir naturellement de telle ou telle maladie, à un âge donné et dans les conditions spécifiques de cette génopathie. La maladie de Huntington pourrait en être un exemple. Quel serait, dans la même veine, l'impact du diagnostic prédictif de la maladie d'Alzheimer sur la vie et sur son sens? Comment gérer cette information s'il n'y a pas de thérapie disponible? Comment soutenir les personnes prédisposées mais n'ayant pas encore manifesté les symptômes cliniques? La médecine *prédictive* nécessitera une nouvelle philosophie et une nouvelle approche, comparativement à la médecine traditionnelle, dans les relations interpersonnelles ou patient-médecin, ou encore, dans les relations avec, par exemple, les compagnies d'assurance-vie et d'assurance-maladie.

Une troisième série de craintes a trait aux risques pour la *vie privée et la confidentialité*. Les recherches en génétique, en génétique des populations, en génétique médicale, les investigations ou dépistages dans les familles et populations à risque, le stockage de l'ADN, attirent déjà l'attention sur le contrôle et la circulation des données recueillies concernant les personnes et les familles à l'occasion de ces recherches. Certains craignent que le projet HUGO, lorsqu'il aura atteint son objectif, ne décuple les risques pour la vie privée et pour la confidentialité des données sur le patrimoine génétique des individus. Ils s'inquiètent du mode de gestion du pedigree des individus et des familles dans plusieurs générations et de la systématisation d'éventuels fichiers de généalogies médicales familiales. N'en arrivera-t-on pas au contrôle de la génétique des individus et des populations? Au port de la carte d'identité génétique et au permis génétique de procréation? Au contrôle social du corps et de la reproduction? Des membres du Council for Responsible Genetics sont très sensibles aux diverses formes de «discrimination génétique». L'intolérance sociale, toujours latente, pourrait aboutir à la discrimination entre les individus, populations ou régions, porteurs de «bons» et de «mauvais» gènes. Les compagnies d'assurances pourraient éventuellement exiger les dossiers génétiques, les informatiser et faire des échanges intercompagnies. Les employeurs pourraient aussi discriminer à l'emploi et n'engager que des travailleurs sans «fragilité» génétique.

Un dernier risque entrevu porte sur le long terme. Il consisterait à *reprogrammer le code génétique humain* à des fins non thérapeutiques. Dans un avenir encore lointain, les connaissances sur la nature et le fonctionnement du génome pourraient donner lieu à une intervention en ce sens. Cela pose une série de questions fondamentales. Qui déciderait de cette modification? Selon quels critères? Dans quel but? Qu'est-ce qui fait le génie: les gènes ou l'environnement? L'idée même de programmer l'être humain ne relève-t-elle pas d'une conception réductiviste? Une conception où la complexité bio-psycho-sociale de l'humain et de son identité propre est réduite au statut de mécanisme génétique programmable. Une conception où l'humain est non seulement objet de science, mais aussi objet de technique.

Tels sont les principaux arguments des opposants au Projet de cartographie et de séquençage du génome humain: la pente est trop dangereuse, les risques sont trop élevés, il faut dès maintenant renoncer à s'y engager.

LES ESPOIRS SOULEVÉS

Face à ces risques, auxquels sont exposées les générations actuelles ou futures, une seconde série d'arguments militent en faveur du projet. Ils ont trait aux bienfaits à court et à long termes, ainsi qu'aux mécanismes de sécurité à mettre en place maintenant et plus tard pour éviter que de tels risques ne deviennent une réalité. L'élément central repose sur la distinction entre l'acquisition des connaissances et l'utilisation de ces connaissances à l'intérieur de limites préservant l'humain.

D'une façon générale, on soutient qu'il y a beaucoup à gagner à se libérer du hasard et de l'ignorance concernant le génome humain. Le bond technologique que ferait faire le projet HUGO aux méthodes d'étude de l'ADN serait immense. On pourrait comprendre les gènes et leur fonctionnement, le déclenchement et le fonctionnement des maladies génétiques héréditaires ou acquises, mettre au point des traitements ou prévenir l'expression de ces maladies. Pour d'autres maladies, telles les maladies multifactorielles, une détection précoce pourrait, par modification du style de vie, en retarder l'évolution ou permettre de les traiter par une thérapie appropriée. Il pourrait en être de même pour le diagnostic des «fragilités génétiques» prédisposant à des maladies comme le rhumatisme, l'asthme ou certaines maladies mentales. Une fois le génome séquencé, les informations recueillies et les biotechnologies mises au point, la thérapie génique par transfert de gènes, actuellement au stade expérimental, pourrait devenir aussi courante que la transplantation d'organes.

LES MÉCANISMES DE CONTRÔLE ET DE SÉCURITÉ

Nous sommes devant un dilemme: ou bien interdire toute recherche parce qu'elle comporte des risques importants, ou bien miser sur les avantages certains en démarquant des frontières à ne pas franchir pour éviter ces risques. Sur quels mécanismes de contrôle et de sécurité pouvons-nous compter pour éviter que des «dérèpages» ne se produisent à l'occasion du projet HUGO?

L'interdisciplinarité est de plus en plus nécessaire dans l'évaluation de l'orientation de certains types de recherche. Spécialistes de sciences pures et de sciences humaines, représentants du public, décideurs politiques doivent se donner un langage commun pour analyser la nature ainsi que la portée des recherches et interventions en génétique humaine.

Les associations de chercheurs et les corporations professionnelles se dotent de plus en plus de codes de déontologie. Les revues scientifiques voient également, dans leurs publications, à ce que les résultats de recherche soient conformes à l'éthique. Des comités d'éthique nationaux ou locaux analysent les protocoles de recherche et d'expérimentation. Des groupes ou centres de recherche en bioéthique tentent de suivre les progrès scientifiques et technologiques.

Les organismes subventionnaires d'État oeuvrent aussi pour établir des lignes directrices en matière d'éthique de la

recherche. Outre un pouvoir financier, ces organismes détiennent un pouvoir moral. Enfin, des lignes directrices internationales ont été proposées par le Conseil de l'Europe aux États membres.

Ces mécanismes de contrôle ne sont pas infaillibles et n'offrent pas de garantie absolue de sécurité. Ils permettent cependant d'évaluer les risques entraînés et les bienfaits escomptés, de prévoir les abus possibles, de fixer des limites et d'encadrer les orientations en sciences, en l'occurrence en génétique. Ils seront encore plus sécuritaires quand l'ensemble des pays établiront des normes internationales en matière de recherche et d'intervention dans le patrimoine génétique humain.

La mise en place et le fonctionnement des instances déontologiques supposent que les chercheurs reconnaissent leur responsabilité morale et sociale nouvelle. Ils doivent être lucides: on ne peut pas admettre de science sans conscience, surtout lorsqu'il est question des investigations et des interventions dans le génome de notre propre espèce. Ils ne peuvent s'arroger le droit, en tant qu'individus ou en tant que corps professionnel, de décider des orientations à donner à une société: ces orientations relèvent de la société elle-même et il est périlleux de l'ignorer. Cependant, pour que la société fasse des choix éclairés, les scientifiques doivent l'informer sur la nature de leur recherche et sur les conséquences de ses applications. Les publications vulgarisées, les débats et colloques publics figurent parmi ces moyens.

L'État peut intervenir par législation si l'appel à la responsabilité des chercheurs ne suffit pas, si des abus manifestes se produisent ou se profilent à l'horizon. Ces lois peuvent forcer à ne pas franchir certaines frontières et, si celles-ci sont franchies, à user de sanctions.

Les citoyens aussi doivent prendre leurs responsabilités. Dans des sociétés démocratiques, il leur appartient de se prononcer sur le projet de société à définir et à mettre en oeuvre. Ils ne doivent pas laisser se dessiner en dehors d'eux des orientations telles qu'un point de non-retour soit atteint et qu'il y ait trop d'intérêts en jeu pour faire marche arrière. Les développements scientifiques et technologiques concernant l'avenir de la génétique humaine sont affaire de décision collective et de consensus entre spécialistes de différentes disciplines, de divers groupes sociaux et du public informé. Cela n'a rien de commun avec des sondages d'opinion publique, versatile par nature.

Les médias ont et auront un rôle crucial à jouer dans ces débats. Leur liberté d'expression doit être préservée pour qu'ils puissent assumer ce rôle de courroie de transmission de l'information entre les laboratoires et la société, et susciter la discussion publique.

CONCLUSION

Ce qui est inédit n'est pas nécessairement interdit. La cartographie et le séquençage du génome humain présentent de nombreux espoirs, mais suscitent aussi des craintes. Ce projet soulève des questions sociales, éthiques et philosophiques qui remettent en cause les valeurs acceptées concernant la défini-

tion de l'être humain, le pouvoir d'intervention de l'État sur le corps humain, la recherche scientifique et le développement technologique en matière de génétique humaine.

La technique progresse sans cesse. On sait et on saura de plus en plus comment faire techniquement. Responsables à l'égard des générations futures, nous devons, en tant que collectivité, nous poser les questions suivantes: que faire? Pourquoi le faire? Au bénéfice de qui le faire? Dans quelles limites le faire? Les réponses reviennent, en dernière analyse, à l'ensemble des citoyens et citoyennes dans le contexte de débats critiques, documentés et démocratiques. ■

Référence

1. ROSTAND, J. *L'Homme*, Paris, Éditions Gallimard, 1962, p.141 et p.151-152.

Grandir au Québec.
Nous y croyions en 1911.
Nous y croyons aujourd'hui.



Nous sommes ici depuis 1911. Aujourd'hui,
notre équipe compte quelque 2 500 employés.
À Montréal. À Bromont. Ailleurs au Québec.
Et nous serons là demain. Ensemble.
Au nom du progrès.

IBM est une marque déposée d'International Business Machines Corporation.
IBM Canada Ltée, compagnie affiliée, est un usager inscrit.





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

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

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

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

**ALCAN.
UNE FORCE SENSIBLE.**





UN MOUVEMENT QUÉBÉCOIS POUR LA RESPONSABILITÉ SCIENTIFIQUE: LE MURS-QUÉBEC

PAR RAYMOND D. LAMBERT ET MARCEL J. MÉLANÇON

En cette fin de millénaire, nombreux sont ceux et celles qui se questionnent sur l'avenir de la planète et le devenir de la vie, en particulier, de celle de l'humain. Les défis d'ordre social, culturel, scientifique, politique, économique et autres, auxquels nous sommes confrontés, deviennent de plus en plus urgents. Guerre et paix, développement durable et exploitation anarchique de la nature, biotechnologie et dignité humaine, intérêts communs et besoins particuliers, abondance et misère s'opposent parfois dans l'inextricable complexité des problèmes qui surgissent...

La création des outils par les premiers humains tout comme le développement technoscientifique moderne s'inscrivent dans une même démarche: réduire la pression du milieu, assurer notre survie, améliorer notre qualité de vie et accroître notre prospérité.

Sous certains aspects, nous avons magnifiquement réussi. L'augmentation prodigieuse de notre population planétaire, tout comme aujourd'hui son contrôle, reflètent essentiellement l'efficacité certaine de nos outils agricoles, médicohygiéniques et de nos techniques de construction, d'élevage et de prédation. Court-circuitant ainsi la pression de la nécessité — celle qui, chez les autres espèces vivantes, entraîne l'élimination des plus faibles et la sélection de mieux adaptés —, nous avons assuré notre survie et notre prolifération. Mais ces objectifs louables d'interventions *autour de l'humain* ont, à cause même de nos succès, à cause des concentrations de population et à cause de la surconsommation, parfois dérapé à un point tel que la qualité de l'environnement, l'équilibre de la biosphère et la vie sur la planète sont maintenant menacés. De plus, la capacité destructrice de nos armes militaires est devenue telle que leur utilisation massive entraînerait probablement notre anéantissement. Finalement, en intervenant *dans l'humain*, la technoscience impose maintenant de nouvelles tâches: redéfinir les concepts d'humain et de personne en regard de la vie initiale (le statut de l'embryon humain en laboratoire) et de la vie terminale (le statut de la vie humaine en coma dépassé); fixer des limites aux expérimentations sur l'être humain et sur l'embryon ainsi que réfléchir sur le sens et le devenir de l'humain (le Projet de cartographie et de séquençage du génome humain en est un lieu privilégié).

On le voit à l'évidence, le développement technoscientifique a été bénéfique dans son ensemble, mais il a aussi conduit ou peut conduire à des applications nettement moins désirables et parfois condamnables. Cette constatation, d'une importance primordiale, entraîne que nous ne pouvons, en toute conscience, continuer de développer aveuglément la technoscience. On ne peut prêter d'intentions à la technique sauf celles que nous programmons. En conséquence, les fabricants de technologie, tout comme les usagers et les preneurs de décisions, ne sont pas forcément innocents. La guerre du Golfe nous l'a récemment rappelé (voir Yves Gingras, *INTERFACE*, vol. 12, n° 2, 1991, p. 4 et D.E. Koshland, *Science*, vol. 251, n° 497, 1991, p. 4993). Une réflexion, en tant que scientifique et en tant que citoyen ou citoyenne, sur

les bénéfiques et les risques, et une évaluation globale de ceux-ci lors de l'application d'une technologie, sont donc devenues indispensables. Nous en avons l'obligation morale. Mais, puisque les conséquences à long terme sont dans certains cas impossibles à cerner, l'approche utilitariste pourra se révéler inapte. Il faudra donc s'interroger au sujet des valeurs sur lesquelles se fondent nos décisions. La philosophie et plus particulièrement l'éthique, mais aussi toutes les disciplines scientifiques des sciences dites humaines, sont ici interpellées au même titre que celles des sciences dites exactes.

Or, la meilleure façon de freiner la mise en place d'un tel processus est de mettre la société *devant un fait accompli*, tout comme une bonne façon de court-circuiter la discussion et la réflexion sur le sujet consiste à planifier et à exécuter le développement technoscientifique dans le secret des laboratoires. Il faut donc en appeler à beaucoup de transparence de la part des scientifiques et à beaucoup de clairvoyance de la part des penseurs. Cependant, accorder aux femmes et hommes de sciences le soin de décider de l'usage des techniques serait leur reléguer un pouvoir qu'ils n'ont pas nécessairement la compétence d'assumer et, surtout, qui irait à l'encontre de nos processus démocratiques (voir L. Wolpert, *Br. Med. J.*, vol. 298, 1991, p. 941). Il y a donc une limite à ce que l'on peut exiger des scientifiques.

Afin d'établir un forum propice aux échanges sur ces sujets, une branche québécoise du Mouvement universel pour la responsabilité scientifique (MURS) a été mise sur pied et sera officiellement fondée, le 22 mai 1991, lors du Congrès de l'Acfas qui se tiendra à Sherbrooke (*encadré 1*). En effet, nous avons été mandatés par le professeur Jean Dausset, Prix Nobel de médecine et président du MURS-FRANCE, pour procéder à la fondation d'un tel mouvement. Avec le MURS-QUÉBEC, les scientifiques disposeront d'un outil pour favoriser leurs réflexions et discussions quant à leur responsabilité face à la nature, à l'orientation et aux conséquences de leurs recherches.

1. LES OBJECTIFS DU MURS

Les objectifs du Mouvement universel pour la responsabilité scientifique (MURS) sont:

- «d'établir un forum permanent où les hommes de science et de culture se réuniront et se concerteront avec d'autres personnes intéressées pour mettre en évidence et discuter les problèmes qui peuvent résulter pour l'humanité du développement de la science et de ses applications;
- d'inciter à une prise de conscience générale des questions qui se posent à la société et à ses membres en confrontant les évaluations des bienfaits et des risques de ce développement;
- de servir de tribune pour porter à la connaissance du public les résultats de ces débats et pour formuler les options destinées à ceux qui ont la responsabilité des décisions;
- de stimuler une réflexion prospective rigoureuse sur l'Homme et la planète et sur les mesures à prendre dès aujourd'hui pour garantir leur avenir.»

Raymond D. Lambert travaille au Centre de recherche du CHUL. Il enseigne également au Département d'obstétrique-gynécologie à l'Université Laval. Marcel J. Mélançon est professeur-chercheur en bioéthique au Département de philosophie du Collège de Chicoutimi.

2. LE MURS ET LES DROITS DE L'HOMME

Le Mouvement universel pour la responsabilité scientifique (MURS) a proposé en 1989 l'ajout d'un nouvel article à la Déclaration universelle des droits de l'homme:

Les connaissances scientifiques ne doivent être utilisées que pour servir la dignité, l'intégrité et le devenir de l'Homme, mais nul ne peut en entraver l'acquisition.

Les membres du MURS ont également émis le souhait que l'Organisation des Nations Unies se prononce solennellement sur les trois points suivants:

- toute source d'énergie ne doit être utilisée qu'au bénéfice de l'Homme sans atteinte à la biosphère;
- le patrimoine génétique de l'Homme, dans l'état actuel de nos connaissances, ne doit pas être modifié de façon héréditaire (ce qui n'exclut pas le traitement des maladies génétiques par modification du patrimoine génétique des cellules non reproductives d'un malade);
- le corps humain dans tous ses éléments, cellules, tissus et organes, n'a pas de prix et ne peut donc être source de profit.

La course aux armements, la dégradation de l'environnement, la misère humaine nous interpellent spécifiquement, car les solutions à ces défis passent par notre savoir, nos technologies, notre sagesse et notre sens de l'humain. La solution ne peut donc consister à bannir la technologie et son développement, mais plutôt à être circonspects dans nos choix technologiques et sociaux. Ce n'est pas nous directement qui décidons de mettre au point une nouvelle arme ou de créer de nouvelles espèces de vie et ce n'est pas nous qui finançons ces projets. Toutefois, nous avons encore la liberté de refuser de participer à toute expérience technoscientifique ne respectant pas le principe fondamental qui s'apparente au nouvel article que le MURS propose de faire ajouter à la Déclaration universelle des droits de l'homme: «Toute invention ne devrait être faite qu'avec l'intention d'aider l'humanité et de ne jamais lui faire de tort» (encadré 2).

Car nous, chercheuses et chercheurs, ne pouvons nous disculper de toute responsabilité face à l'usage que font de nos découvertes, nos dirigeants politiques, militaires et scientifiques. Dans ce contexte, il faut réclamer de ces derniers qu'ils s'engagent dans des activités pacifiques — ce qui signifie qu'ils doivent respecter les vies humaines — et qu'ils définissent avec sagesse la planification et les limites du développement technoscientifique. Nous devons aussi admettre que la solution à certains problèmes repose moins sur la technologie que sur le sens du partage. Les sciences que nous pratiquons ont, en effet, souvent pour objet l'amélioration du bien-être de populations déjà bien nanties. Les investissements massifs dans certains secteurs de la science et de la technologie, et en particulier, dans le projet de cartographie et de séquençage du génome humain, se font-ils au détriment de la lutte contre la misère, la pauvreté et l'exploitation que l'on rencontre surtout dans ce que l'on appelle le Tiers Monde?

Pour atteindre les objectifs mentionnés plus haut, le MURS-QUÉBEC se propose d'organiser colloques et conférences au cours desquels les scientifiques de diverses disciplines, les décideurs publics et les représentants de la communauté, seront appelés à réfléchir et à échanger sur un sujet spécifique. Ce sera le cas, par exemple, le 22 mai 1991 à Sherbrooke, lors du colloque, au Congrès de l'Acfas, intitulé «La cartographie et le séquençage du génome humain: la responsabilité scientifique et sociale». Le Projet du génome humain est grandiose. Il vise à analyser les quelque 3 milliards de paires de bases alignées sur quelque 100 000 gènes répartis sur les 46 chromosomes contenant l'information génétique qui définit biochimiquement l'être humain. Ce projet constitue un lieu privilégié de réflexion sur les espoirs et les risques liés inévitablement à la technoscience.

Les conclusions de ces séances de réflexion quant aux retombées positives ou négatives d'un développement technologique particulier, pourront être acheminées aux personnes ou organismes concernés. Ainsi pourrions-nous suggérer certaines solutions aux problèmes nouveaux posés par la science et mettre en valeur les possibilités qu'elle offre.

Le MURS-QUÉBEC accueillera comme membre toute personne ou institution qui, en accord avec les objectifs du mouvement, désire participer directement ou indirectement au travail de réflexion relié à ces objectifs et s'engage à ne pas utiliser le mouvement à des fins politiques. Plus particulièrement, les scientifiques de toutes les disciplines sont conviés à participer à nos activités. Il s'agit là, croyons-nous, de la meilleure garantie que tout le développement technoscientifique ne nous fera pas perdre le sens de l'humanité et que la science se fera au service de l'humain et non pas l'inverse.

Toute personne désirant devenir membre du MURS-QUÉBEC peut communiquer avec la professeure Marguerite Roberge, présidente du comité de recrutement et de sélection, à l'adresse suivante: Département de physique, Pavillon Alexandre-Vachon, bureau 1632, Université Laval, Sainte-Foy (Québec) G1K 7P4, téléphone: (418) 656-3560 ou 2454, télécopieur: (418) 656-2623. ■

EAU POTABLE: DU ROBINET À LA BOUTEILLE

De plus en plus de Québécois et Québécoises délaissent l'eau du robinet pour utiliser plutôt de l'eau embouteillée. Méfiance? Recherche d'un goût plus «pur»? Afin de mieux comprendre ce comportement, des scientifiques du Département de médecine du travail et d'hygiène du milieu (MTHM) de l'Université de Montréal ont entrepris une recherche de concert avec le Comité de santé environnemental des départements de santé communautaire (DSC) du Québec et l'Association québécoise des techniques de l'eau.

À l'aide d'un sondage effectué auprès de 1016 personnes en octobre 1990, Élisabeth Hudon, étudiante à la maîtrise en médecine du travail et hygiène du milieu, a voulu préciser le degré de confiance des Québécois face à l'eau du robinet, ainsi que leur perception du risque pour la santé que comporte l'utilisation de cette eau.

D'entrée de jeu, 40 p. cent des personnes interrogées disent consommer de l'eau embouteillée, ce qui représente un accroissement significatif par rapport à 1988 (Sorécom), alors que 30 p. cent affirmaient en boire. L'eau de source obtient la faveur (77 p. cent), contre 23 p. cent pour les autres eaux: minérale, en vrac ou déminéralisée.

L'eau du robinet est par contre largement utilisée pour préparer soupes, jus ou café (88 p. cent), ou encore, pour étancher sa soif (60 p. cent), tandis que seuls les irréductibles (4 p. cent) disent utiliser l'eau embouteillée pour laver fruits et légumes.

Afin de mesurer les critères qui font préférer à certains l'eau embouteillée à l'eau du robinet, on a demandé aux répondants de juger leur eau à partir de ses aspects organoleptiques (goût, couleur, odeur) et physicochimiques (microbes, produits chimiques et minéraux). Ainsi, 54 p. cent des personnes

interrogées considèrent que l'eau embouteillée est meilleure au goût que l'eau du robinet, bien que cette dernière soit classée de bonne à passable par plus de 85 p. cent des gens. Soulignons que 90 p. cent des Québécois sont alimentés par aqueduc et que 45 p. cent de cette eau provient du fleuve Saint-Laurent.

En ce qui concerne les paramètres physicochimiques, les opinions sont moins tranchées: 56 p. cent des personnes considèrent que l'eau embouteillée est meilleure que l'eau du robinet, même si une proportion similaire de gens juge quand même cette dernière de bonne à passable. Mais c'est le fort pourcentage de personnes indécises qui parle le plus ici: une personne sur quatre se dit incapable de porter un jugement sur la qualité chimique ou minérale de l'eau, peu importe sa provenance.

Cette donnée particulière, selon Élisabeth Hudon, peut être reliée au degré de compréhension de l'information accessible à la population. À ce sujet, 80 p. cent des répondants avouent ne jamais avoir fait de démarche particulière pour se renseigner sur la qualité de l'eau du robinet ou sur celle de l'eau embouteillée. Concernant la diffusion de l'information, 47 p. cent se disent bien

ou très bien informés, contre 53 p. cent qui s'estiment lésés concernant cet aspect.

La confiance accordée aux sources d'information est par ailleurs également très révélatrice. Dans l'ordre, on fait confiance d'abord aux experts scientifiques (39 p. cent), aux journalistes (24 p. cent), aux organismes gouvernementaux (16 p. cent) et en dernier lieu, aux industries (5,5 p. cent). Où sont nos politiciens dans tout cela? En bout de



PRIX

DE LA RECHERCHE

EN SANTÉ ET
EN SÉCURITÉ
DU TRAVAIL

Créé à l'occasion du dixième anniversaire de l'IRSST,
le PRIX DE LA RECHERCHE EN SANTÉ ET EN SÉCURITÉ
DU TRAVAIL vise à :

Reconnaître et souligner
une importante contribution en recherche,
dans le domaine de la santé et
de la sécurité du travail

Couronner l'ensemble
d'une carrière ou souligner des percées significatives

Attirer l'attention sur l'importance
des connaissances scientifiques et de leur application
en santé et en sécurité du travail

Promouvoir l'avancement
de la recherche en santé
et en sécurité du travail au Québec

Un montant de 10 000 \$ accompagné d'une œuvre d'art sont attribués annuellement



ADMISSIBILITÉ

- ▶ Toute personne qui dans son domaine de compétence scientifique a contribué de façon remarquable à l'avancement de la recherche en santé et en sécurité du travail.
- ▶ La personne candidate doit œuvrer ou avoir œuvré au Québec. Elle peut être rattachée au secteur universitaire, gouvernemental, privé, industriel, syndical ou à un organisme international.
- ▶ Le prix est décerné à des personnes et non à des institutions.
- ▶ Les membres du jury mandatés pour sélectionner le lauréat ne sont pas admissibles les années où ils exercent leur fonction de jurés.
- ▶ Le prix ne peut être décerné à plus d'une personne.
- ▶ Le prix ne peut être décerné à titre posthume.

PROPOSITION DE CANDIDATURE

Les propositions doivent être adressées,
avant le 15 août de chaque année.

Toute personne intéressée peut proposer un candidat. Elle doit alors présenter un dossier au :
Président du jury de sélection
Institut de recherche en santé
et en sécurité du travail du Québec
505, boulevard de Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2

REMISE DU PRIX

Le prix est décerné au lauréat, à l'automne de chaque année.

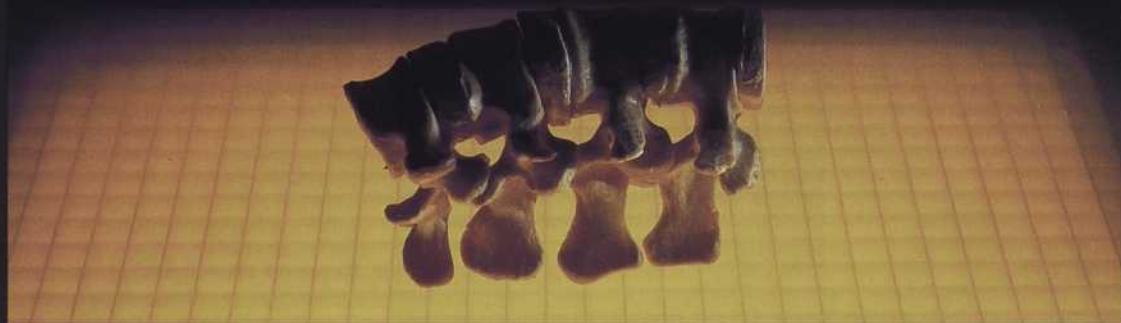
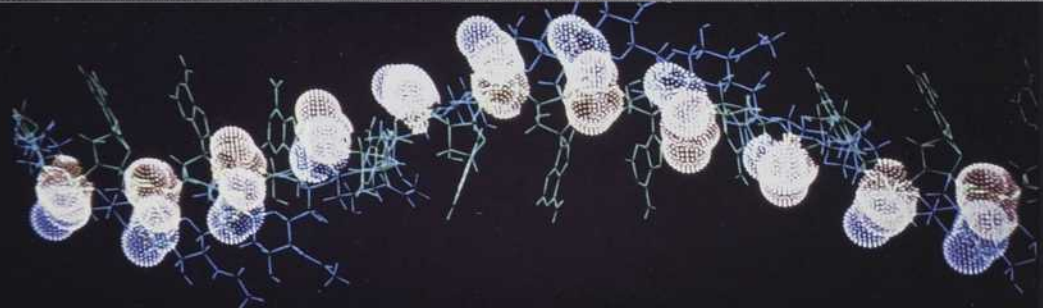
Renseignements:

IRSST
Direction des communications
(514) 288-1551, poste 212

Vous avez
jusqu'au 15 août
pour présenter
un candidat

IRSST

Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec



TOM DEVECSERI

JUGULER L'OSTÉOPOROSE

ligne: ils récoltent 1,1 p. cent de la faveur populaire! Saute d'humeur ou signe des temps, ces chiffres donnent quand même matière à réflexion à nos représentants officiels.

Au moment de mettre le présent article sous presse, les chercheurs n'avaient pas terminé l'analyse exhaustive des données en matière de perception du risque. Un aperçu de ces données: 26 p. cent des répondants comparent le risque que représente l'eau pour la santé à celui que comportent l'alcool, la cigarette, le café et même, chose surprenante, les fruits, les légumes et la viande! L'étude met également en question la pertinence des appareils de traitement de l'eau, ainsi que l'absence de contrôle gouvernemental pour plusieurs catégories d'eau embouteillée.

La diffusion finale des résultats de la recherche est prévue pour le prochain congrès de l'Acfas, qui aura lieu en mai à Sherbrooke.

L'équipe de recherche est composée d'Élisabeth Hudon du DSC de Saint-Luc, de Pierre Laine de DSC Hôtel-Dieu de Lévis et de Joseph Zayed, professeur au Département de MTHM. Les personnes suivantes ont également travaillé à la conception du questionnaire: Denis Gauvin, du DSC du CHUL, Claudine Léonard, du DSC Charles-Lemoyne et Robert Rousseau, du DSC de Verdun.

ALAIN FORTIER

Suppléments de calcium, exercice physique, absorption d'oestrogènes: l'incertitude persiste encore en ce qui concerne le traitement de l'ostéoporose. Cependant, de nouvelles voies prometteuses apparaissent: des chercheurs de l'Institut des sciences biologiques du Conseil national de recherches du Canada (CNRC) sont sur le point d'apporter une contribution importante à la lutte contre cette maladie. Ils tentent d'en bloquer le développement en agissant sur une certaine hormone, l'hormone parathyroïdienne (PTH), qui serait en cause dans l'apparition de cette affection.

Sécrétée par les glandes du même nom, situées de part et d'autre de la glande thyroïde, la PTH assure tant chez l'être humain que chez les vertébrés terrestres la régulation de la concentration de calcium dans les liquides extra-cellulaires: sa fonction principale est de prévenir l'hypocalcémie. Elle intervient au niveau des reins pour diminuer l'élimination du calcium et favoriser sa réabsorption, de même que dans la région intestinale où elle agit par l'intermédiaire de la vitamine D3. Cependant, cette hormone induit également une dégradation du tissu osseux qui, bien que physiologique et normale, peut devenir, une fois déséquilibrée, pathologique et causer l'ostéoporose.

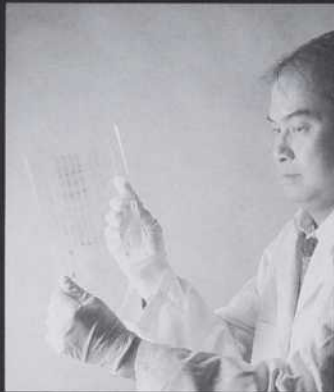
«Chez la femme ménopausée, la concentration des oestrogènes diminue, ce qui, en augmentant l'effet hypercalcémiant de la PTH physiologique,

pourrait accélérer la dégradation de l'os et provoquer l'ostéoporose. On pense que la quantité de la PTH physiologique a un rôle majeur à jouer dans ce processus. À de fortes doses, on remarque une résorption du tissu osseux, tandis qu'à de faibles doses, l'hormone aurait un effet stabilisant», soutient Hervé Jouishomme, chercheur à l'Institut.

L'ostéoporose entraîne la perte de calcium, et la dégradation de la structure de l'os menace particulièrement la femme ménopausée et la prédispose aux fractures. «Il faut intervenir afin de contrebalancer les effets de la PTH physiologique en synthétisant des analogues structuraux qui prendront sa place sur les sites récepteurs. Si on arrive à bloquer ces sites, on pourra provoquer une baisse de la PTH physiologique et ainsi réduire ses effets négatifs», explique M. Jouishomme.

En morcelant la longue chaîne protéique de l'hormone parathyroïdienne (PTH) et en modifiant un à un ses acides aminés, les chercheurs de l'Institut des sciences biologiques tentent donc de mieux connaître les relations entre la structure et le fonctionnement en vue de produire une version inoffensive de cette molécule. Ils pourront, d'une part, y localiser précisément les sites de fixation pour les conserver et, d'autre part, éliminer les sites actifs biologiquement et indésirables, soit ceux qui induisent l'ostéoporose.





TOM DEVESKERI

«Toutefois, l'hormone PTH est produite en quantité infime dans le corps humain et son extraction à partir des fluides biologiques coûte très cher. De même, le coût de sa synthèse à l'aide des méthodes chimiques est exorbitant: 2 000 \$ pour un milligramme, ce qui rend impensable une production commerciale», explique Sadiq Hasnain, chercheur et responsable de la liaison industrie-CNRC pour ce projet. De fait, une industrie pharmaceutique torontoise est fortement intéressée par le potentiel de la molécule synthétique et la mise au point d'un traitement efficace.

Ainsi, pour synthétiser la molécule désirée, la biologie moléculaire prendra la relève. Le procédé consiste d'abord à synthétiser le gène humain pour ensuite l'introduire dans une bactérie productrice, *E. coli*, afin de permettre l'expression du gène. Par la suite, l'ensemencement et la multiplication des bactéries en fermenteur demeurent des étapes mécaniques que l'on a réussi à mettre au point en laboratoire. «La production de PTH en grande quantité est impérative pour l'obtention de contrats industriels. Déjà, la multiplication va bon train. Une fois standardisé et bien rodé, ce système très prometteur sera facilement transférable pour la production commerciale», rapporte Sadiq Hasnain.

Par contre, l'extraction et la purification sont des opérations fort complexes, compte tenu de la structure et du poids important de la molécule. En laboratoire, l'utilisation d'une technique sophistiquée de chromatographie HPLC permet de séparer le principal contaminant de la molécule. À grande échelle, cette technique devient très coûteuse et devra être remplacée; les chercheurs pensent déjà qu'en refroidissant rapidement les cellules après fermentation, on pourrait contourner le problème.

À l'heure actuelle, les chercheurs souhaitent donc identifier les sites de fixation de l'hormone pour compétitionner avec la molécule endogène en s'attardant davantage aux 34 premiers acides aminés de la chaîne protéique. Idéalement, une chaîne encore plus courte de 20 à 30 acides aminés serait plus stable et plus facile à manipuler ou à synthétiser.

BRIGITTE LAMONTAGNE

ENTRE LA BACTÉRIE ET LE VIRUS: LA MITOCHONDRIE

La preuve est maintenant faite: les mitochondries, ces organelles qui sont à la cellule ce que les poumons sont à l'organisme, seraient en fait des corps étrangers qui ont infecté les cellules il y a des centaines de millions d'années. D'origine bactérienne et non cellulaire comme on l'a toujours pensé, les mitochondries auraient même conservé une partie de leur code génétique archaïque (ADN et ARN) et synthétiseraient des protéines tout comme le noyau de la cellule. C'est ce que montrent hors de tout doute les recherches de Frantz Lang, biologiste à l'Université de Montréal. Mais ce n'est pas tout.

Un autre biologiste montréalais, Gregory Brown, de l'Université McGill, a constaté que là ne s'arrête pas l'excentricité du code génétique résiduel des mitochondries. Dans certaines variétés de maïs, l'ARN mitochondrial se reproduit sans passer par l'intermédiaire habituel du code génétique. L'ARN du maïs, du moins celui trouvé dans les mitochondries, se copie lui-même, ce qui, cette fois, n'est pas un trait caractéristique des bactéries, mais bien de certains virus!

Ce n'est d'ailleurs pas le seul trait viral du code génétique des mitochondries végétales. M. Brown s'est intéressé à la manière dont l'ADN mitochondrial est transcrit en ARN. Il a identifié l'enzyme favorisant cette transcription, l'ARN-polymérase, et lui a trouvé un stupéfiant air de famille avec l'ARN-polymérase de certains virus. Même le site du signal promoteur de la transcription sur le ruban d'ADN ressemble à celui des virus: il n'est fait que d'un groupe de bases codantes alors qu'on en trouve plusieurs dans tous les autres cas.

Un peu viral, très bactérien, le code génétique des mitochondries n'a pas fini d'étonner. Gregory Brown le rend

responsable des cas d'infertilité d'une floppée de plantes cultivées comme le soya, le maïs et toutes les plantes du genre Brassica telles le chou de Bruxelles, le chou-fleur et le brocoli.

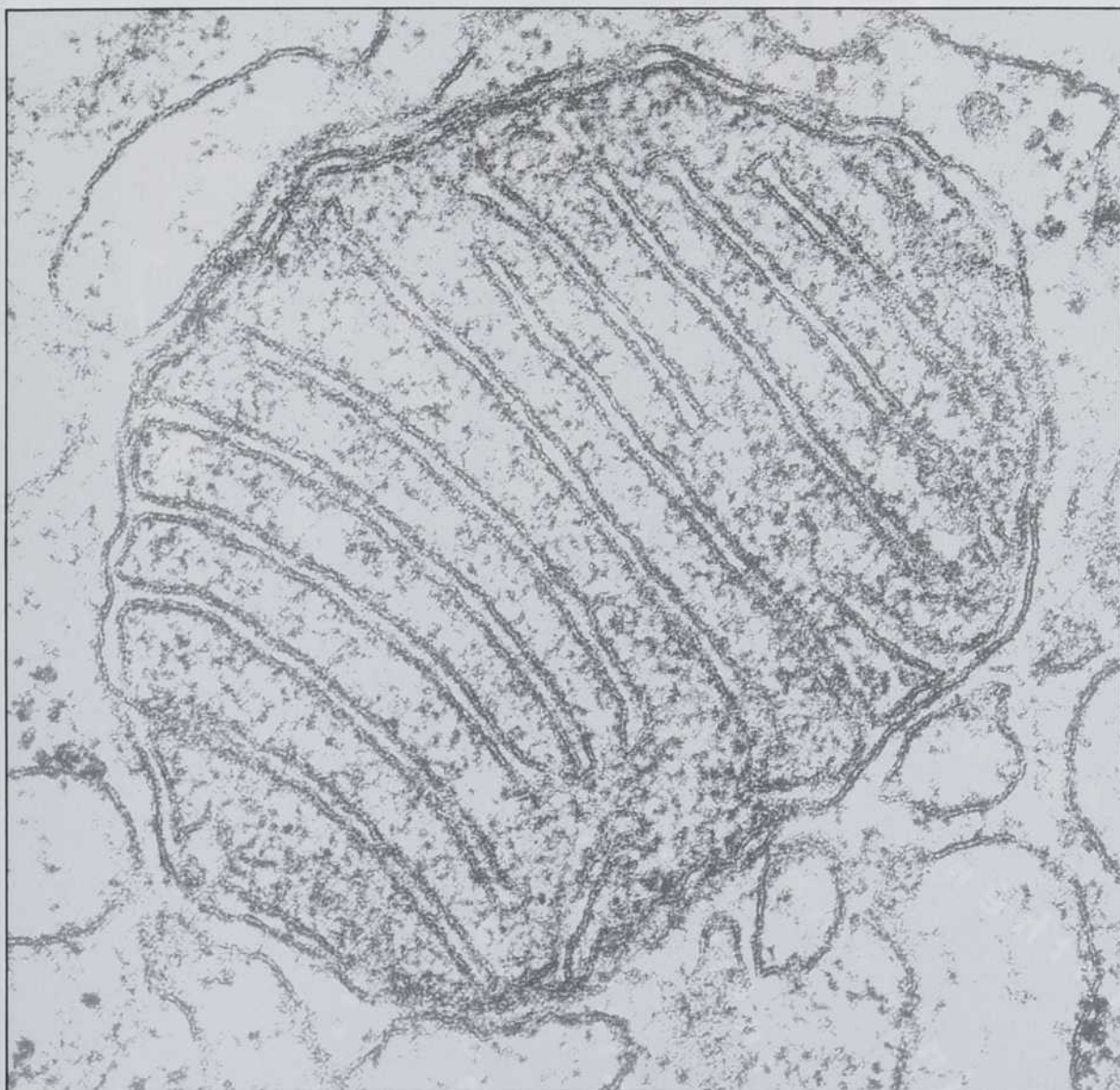
«Au moment de la maturation des organes mâles de ces plantes, explique M. Brown, la demande énergétique est fort importante. Pour produire du pollen, les anthères (partie supérieure de l'étamine) ont alors besoin d'un nombre accru de mitochondries dans leurs cellules puisque ce sont ces dernières qui génèrent l'énergie. Le code génétique mitochondrial permet d'ordinaire cette recrudescence d'organelles.» Toutefois, si le gène mitochondrial responsable de cette multiplication subit un léger réarrangement lors de la duplication, point d'affaire, comme dirait la Fontaine: il devient incapable de produire un ARN messenger efficace et la surproduction de mitochondries n'a pas lieu. Faute d'énergie, pas de pollen et donc pas de reproduction.

Alors que dans la plupart des cas, l'association très ancienne des mitochondries d'origine bactérienne et des cellules à noyau réussit bien aux deux partenaires, voici au moins un cas, l'infertilité, où l'ancienne bactérie nuit à son hôte. Mais ce dernier, au cours de l'évolution, a trouvé une parade qui réussit parfois.

Certains gènes contenus dans les noyaux des cellules d'anthères interagissent avec les gènes mitochondriaux et suppriment leur action inhibitrice. Le noyau de la cellule reprend ainsi le contrôle des opérations et les anthères produisent du pollen comme il se doit.

Cela n'est pas pour surprendre Frantz Lang. «Nous sommes à peu près certains que ce genre de chose s'est reproduit souvent au cours de l'évolution des





DANIEL S. FRIEND,
BIOLOGUE MOLÉCULAIRE DE LA CELLULE,
GARLAND PUBLISHING (INC.)

euracyotes, soit des cellules à noyau. Les gènes de la mitochondrie, de la bactérie infectante ont dû entrer en compétition avec ceux du noyau. La production de protéines par la mitochondrie a alors été prise en charge par le noyau cellulaire et bien des gènes mitochondriaux ont été ainsi éliminés.»

M. Lang se sert d'ailleurs de ce processus de remplacement du code génétique de la bactérie-mitochondrie pour établir l'arbre phylogénétique des différentes mitochondries végétales. Il pose pour principe que plus une espèce végétale sera primitive, plus ses mitochondries auront gardé de leurs gènes originaux. À l'inverse, plus elle sera évoluée, plus les gènes du noyau auront remplacé ceux de la bactérie infectante.

C'est d'ailleurs pour faire l'histoire des végétaux que Frantz Lang a été nommé responsable du Centre de séquençage d'acides nucléiques que l'Université de Montréal ouvrira à l'été 1991. On saura ainsi si une seule infestation bactérienne ou plusieurs sont à l'origine de ces fossiles vivants que constituent les mitochondries de vos géraniums, de vos astres et de vos propres cheveux.

GUY PAQUIN



MR. DR. WANG
HILL
WANG

**Mc
Graw
Hill**

**Mc
Graw
Hill**

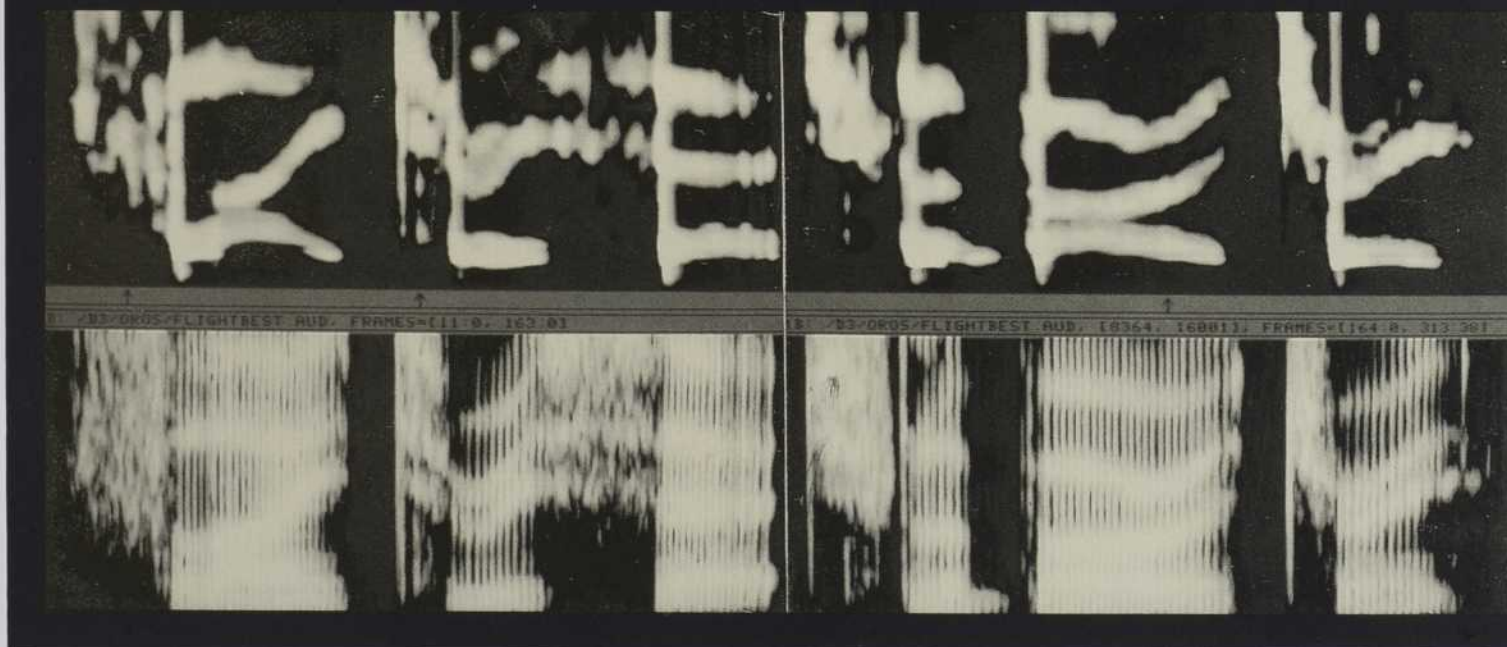
Français
Ingénierie
Philosophie
Sciences
Psychologies
Mathématiques
Informatique
Soins infirmiers
Administration
Sociologie
et plusieurs autres



Mc GRAW-HILL, ÉDITEURS • 750, BOUL. LAURENTIEN, SUITE 131, MONTRÉAL, QUÉBEC H4M 2M4 • TÉL.: 744-5531 • FAX: 744-4132

Si la reconnaissance
l'objet de nombreux
monde, un système
versatile et per-
sévérant n'est
chercheurs et
journal de recherche
viennent de faire
dans ce domaine
lement de signi-
point d'un système
efficace, même
bruyant. Ces in-
tenter à faciliter
les handicapés
exemple, de faire
un ordinateur et
de conseiller le
maison. Les né-
cessités de recherche

À L'ÉCOUTE DES PERSONNES HANDICAPÉES ET DES PILOTES



Spectrogrammes de l'énoncé «Flight Research Laboratory».

L'image du bas représente un spectrogramme classique, et celle du haut, la représentation d'un modèle informatisé simulant l'action de l'oreille interne.

Si la reconnaissance de la parole fait l'objet de nombreux travaux à travers le monde, un système de reconnaissance versatile et performant dans toutes les situations n'est pas encore né. Mais des chercheurs travaillant au Conseil national de recherches du Canada (CNRC) viennent de franchir un pas intéressant dans ce domaine: leur procédure de traitement de signal a permis la mise au point d'un système de reconnaissance efficace, même dans un environnement bruyant. Ces travaux pourraient contribuer à faciliter l'autonomie des personnes handicapées, en leur permettant, par exemple, de faire fonctionner oralement un ordinateur ou un robot, ou encore, de contrôler leur environnement à la maison. Les scientifiques du Laboratoire de recherches en vol, de l'Institut

de recherche aérospatiale du CNRC, prévoient effectuer la démonstration de cette technologie dans l'environnement hautement hostile d'un cockpit d'hélicoptère, très bruyant, en utilisant le système de reconnaissance pour contrôler certaines fonctions de l'appareil.

Le système de reconnaissance comporte plusieurs parties. La voix, recueillie par un microphone, passe d'abord par une transformation de Fourier rapide suivie par une banque de filtres comportant 32 canaux. La représentation du signal fournie par ces canaux est ensuite traitée par IMELDA (acronyme pour *Integrated Mel-scale Linear Discriminant Analysis*). IMELDA effectue une transformation matricielle discriminante de cette représentation; les fonctions discriminantes obtenues

servent à la génération de « patrons » qui seront utilisés pour comparer les sons. « Il faut d'abord générer des patrons modèles pour chaque son ou mot », explique Dariusz Zwierzynski, qui travaille au sein du CNRC mais est employé par la Fondation Neil Squire, un organisme qui vise à mettre la technologie de pointe au service des personnes handicapées. Les patrons obtenus à partir des signaux ultérieurs sont ensuite comparés aux patrons modèles par le processus principal, qui évalue la « distance » entre les deux patrons. Si la distance est grande, le mot capté est probablement différent du mot auquel on le compare. Le système arrive toujours à une réponse, qui peut être fautive si deux patrons correspondant à des mots différents sont semblables.

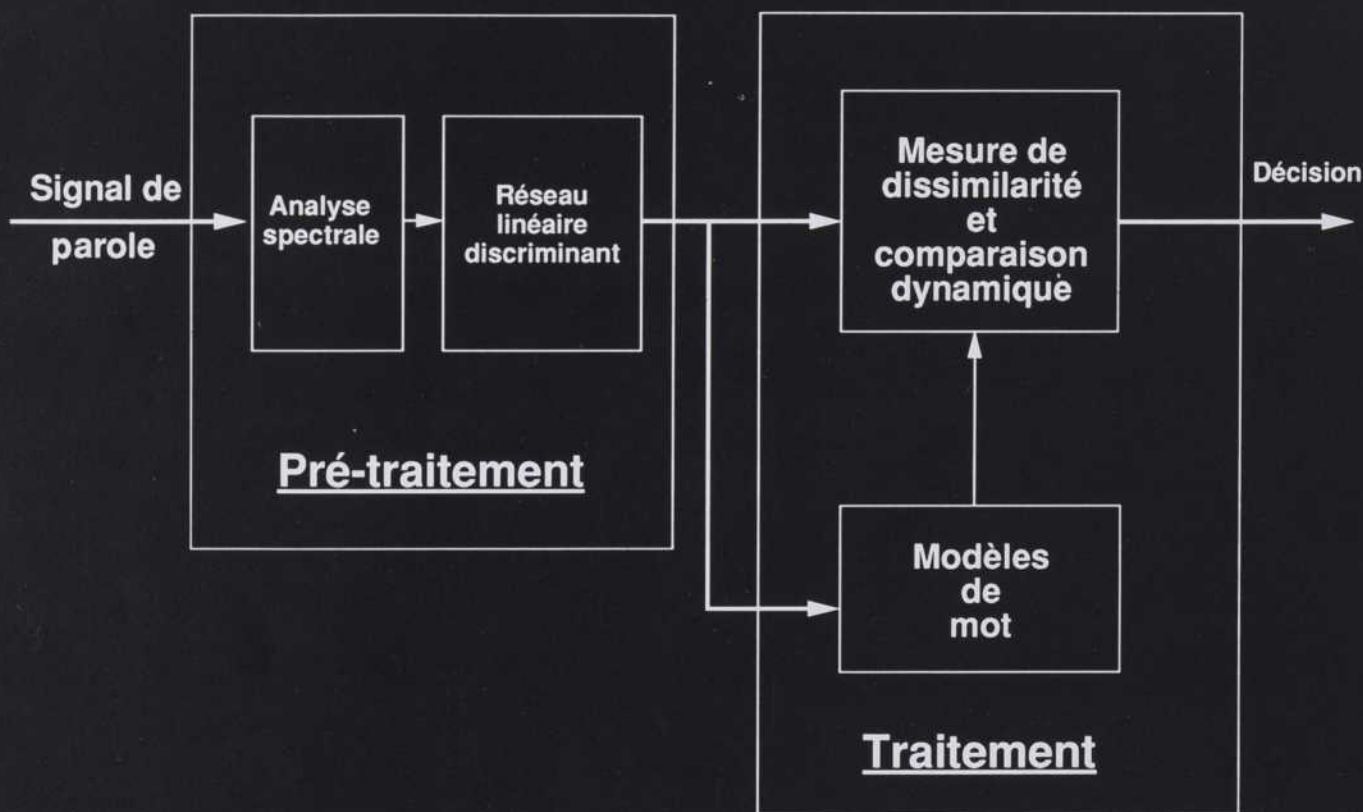


Schéma du système de reconnaissance de la parole.

Dans un environnement bruyant, non seulement le bruit de fond contamine-t-il le signal, mais en plus, un locuteur ou une locutrice a tendance à hausser la voix. L'équilibre spectral est alors modifié. «L'originalité d'IMELDA, explique Claude Lefebvre, informaticien à la Fondation Neil Squire, est d'effectuer une transformation discriminante. Cette transformation est basée sur les caractéristiques de la parole comme la fréquence fondamentale et les transitions consonne-voyelle, alors que les autres systèmes de reconnaissance de la parole traitent le spectre des fréquences obtenues par une simple équation mathématique.» «La transformation discriminante est moins sensible au bruit, dit Dariusz Zwierzynski, ce qui rend le système plus efficace dans des environnements normaux, souvent bruyants.» Les tests effectués avec IMELDA sur des séquences de chiffres prononcés par un locuteur de langue anglaise ont montré

qu'avec la transformation discriminante, la proportion d'erreurs de reconnaissance est, dans un environnement calme, environ trois fois plus faible qu'avec les autres transformations. L'avantage est encore plus marqué en présence de bruit ou si le locuteur est stressé (moins de 1 p. cent d'erreurs). Comme pour tous les systèmes de reconnaissance de la parole, l'efficacité est toutefois meilleure quand le système analyse des mots prononcés par un locuteur dont la voix a servi à la génération des patrons (on dit que le système est «dépendant» du locuteur).

Le CNRC a vendu sous licence la technologie à la compagnie Marconi, pour les applications en avionique, et à la Fondation Neil Squire, pour celles qui concernent les personnes handicapées. L'usine de Marconi située à Kanata, en banlieue d'Ottawa, fabrique actuellement un prototype d'IMELDA.

«Nous allons tester tout le système sur un hélicoptère en vol, mentionne Mac Sinclair, directeur du Laboratoire de recherches en vol. Il ne faut toutefois pas croire qu'on va pouvoir piloter uniquement en parlant! Dans des situations de stress, les pilotes préféreront probablement pousser des boutons plutôt que de parler et de dire la bonne chose à l'ordinateur. Mais un système de reconnaissance de la parole pourrait servir à commander l'équipement auxiliaire ou à entrer des données, comme la position de l'avion, sans qu'on ait à utiliser un clavier. Avant qu'un aéronef ne soit complètement commandé par la voix, il va falloir que les ordinateurs deviennent intelligents et qu'ils reconnaissent différentes façons de dire la même chose.» Les personnes handicapées bénéficieront sûrement de nombreuses autres applications dans l'industrie, en pédagogie ou en médecine.

RAYNALD PEPIN

LES CERCLES DE FERMIÈRES À L'ORIGINE DU MOUVEMENT FÉMINISTE



OFFICE PROVINCIAL DE PUBLICITÉ, QUÉBEC

De par leur volonté de définir une place aux femmes et malgré leur fidélité aux valeurs traditionnelles, les Cercles de fermières du Québec ont été sans contredit les précurseurs du féminisme. Figurant comme une des plus importantes associations féminines du Québec, ces cercles, dès leur naissance, aspirent à promouvoir la reconnaissance sociale des femmes. Puis, tout au cours de leur existence, ils soutiennent constamment leur autonomie et leur indépendance en refusant d'être assujettis et manipulés par l'État ainsi que par l'Église, laquelle tentera à maintes reprises d'affirmer son hégémonie.

Voilà le portrait assez surprenant, loin du stéréotype de la femme rurale québécoise, que l'historienne Yolande Cohen de l'Université du Québec à Montréal nous décrit dans un livre intitulé *Femmes de parole*. Aboutissement de plusieurs années de recherche, cet ouvrage constitue une fresque analytique de l'histoire des Cercles de fermières du Québec de 1915 à 1990.

L'histoire des Cercles de fermières débute dès 1915, grâce à l'initiative d'un agronome du ministère de l'Agriculture, Alphonse Désilets. Ce dernier voyait dans le mouvement des fermières un espoir pour freiner l'exode rural qui



OFFICE PROVINCIAL DE PUBLICITÉ, QUÉBEC

s'amorçait déjà à cette époque. Soutenues par l'État, les femmes fermières s'engagent donc alors dans la défense du monde rural par le biais d'une valorisation des activités agricoles et domestiques. Au sein des Cercles de fermières, ces activités sont désormais intégrées sous le vocable «d'industrie domestique» et les femmes qui les pratiquent se dotent par le fait même d'une distinction sociale.

Ainsi, en créant les Cercles, les fermières créaient également une profession. Cet aspect fondamental est probablement l'élément distinctif qui caractérise ce rassemblement exclusif de femmes. «Bien que la sociabilité soit le matériau de base qui cimente l'organisation, souligne Yolande Cohen, le Cercle est beaucoup plus qu'un club social.» Les femmes y adhèrent volontairement, paient une cotisation, participent à des réunions statutaires mensuelles et sentent qu'elles doivent donner de leur temps et de leur énergie, malgré les contraintes que leur occasionne la lourde charge de leur besogne familiale.

Les fermières se rassemblent pour partager leurs savoirs, pour en acquérir de nouveaux par l'intermédiaire des agronomes du district ou d'institutrices

officielles. Elles s'emploient toujours à des activités qui s'inscrivent dans le prolongement de leurs occupations domestiques familiales. «Bonifier la situation des familles» demeure leur préoccupation centrale. Par exemple, on produit collectivement les biens de consommation courants comme les conserves; on confectionne des vêtements artisanaux ou on encourage l'embellissement des demeures et des jardins. «Ces productions remplissent tous les critères d'une ressource économique», selon Yolande Cohen: une ressource économique qui contribue à la subsistance des familles.

Étant donné que ces productions sont réalisées dans un lieu public, les fermières conquièrent une reconnaissance publique, et leur Cercle devient un lobby dans la paroisse. Un lobby qui ne se donne pas nécessairement d'objectif politique véritable, si ce n'est de demander des subventions auprès du ministère de l'Agriculture. Ce processus exige toutefois de développer des habiletés de représentation et d'intervention s'exerçant au-delà de la cellule familiale.

Par ailleurs, l'élément marquant de l'histoire des Cercles est sans doute la fermeté avec laquelle l'association a maintenu son autonomie et son indé-





OFFICE PROVINCIAL DE PUBLICITÉ, QUÉBEC

pendance vis-à-vis de l'État et de l'Église, malgré certaines accusations. En effet, alors que les Cercles participent à une entreprise de modernisation de l'agriculture que l'État souhaitait mettre de l'avant par le biais de son ministère de l'Agriculture, ils sont accusés d'être inféodés à l'État. Les recherches de Yolande Cohen confirment bien qu'il n'en est rien puisque, notamment, les subventions que les Cercles reçoivent sont minimes. Les Cercles utilisent plutôt l'assistance de l'État pour s'assurer une reconnaissance publique et par là, pour affirmer avec plus de fermeté leur autonomie. Toutefois, cette volonté d'indépendance est ressentie comme une incartade par le clergé et particulièrement l'épiscopat de certaines régions de l'Estrie et de Trois-Rivières. Comme les Cercles de fermières refusent d'organiser leur fédération sur des bases diocésaines plutôt que sur des bases agronomiques, le clergé riposte en créant en 1940 une autre association, l'Union catholique des fermières (UCF), puis ultérieurement l'Union catholique des femmes rurales (UCFR). Ces associations rivales instaurent une déchirante scission au sein des paroisses, scission qui isole les Cercles dans une espèce de groupement laïque, alors que leurs membres demeurent de bonnes catholi-

ques pratiquantes. «Une telle résistance face à l'offensive de l'Église aura probablement eu un rôle important dans le vent de déconffessionnalisation qui ébranla le Québec à la suite de la Seconde Guerre mondiale», fait remarquer Yolande Cohen. Cette détermination face à l'autonomie, les Cercles de fermières n'ont jamais cessé de la réaffirmer. Ainsi, en 1967, les Cercles de fermières ne s'engagent pas dans le processus entrepris par le clergé pour fusionner les différentes associations de femmes telles que l'UCF et les Cercles d'économie domestique (CED), au sein de l'Association féminine d'éducation et d'action sociale (AFEAS).

Aujourd'hui, les Cercles de fermières comptent 60 000 membres qui s'adonnent, dans les zones rurales comme urbaines, à de multiples activités culturelles et artisanales. Même si l'appellation de «fermière» en fait sourire plus d'un en 1990, il n'en demeure pas moins que ces Cercles ont réussi à élever cet attribut au rang de profession féminine à laquelle on rattache de multiples savoir-faire. De plus, il faudra se souvenir que ces mêmes fermières sont à l'origine de houles qu'on peut qualifier de révolutionnaires: la déconffessionnalisation et le féminisme.

PAULINE GRAVEL



DES ENTREPRENEURS QUI ONT LA TÊTE DURE

Les entrepreneurs qui ont fait faillite ne tirent pas toujours des leçons de leurs déboires, du moins selon Claude Lalonde, professeur en sciences économiques et administratives à l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC). Ce dernier a comparé les résultats d'enquêtes sur les pratiques de gestion effectuées à sept ans d'intervalle auprès d'entrepreneurs et d'entrepreneures du Saguenay-Lac-Saint-Jean.

Lors du premier sondage, Claude Lalonde avait quantifié les pratiques de 100 entrepreneurs ayant fait faillite. Lors de la récession de 1981-1982, 48 p. cent des répondants seulement exerçaient une certaine forme de management. Ainsi, l'encadrement du personnel, la direction ainsi que le contrôle des dépenses et de l'inventaire faisaient partie des tâches d'un entrepreneur sur deux seulement.

Dix ans après avoir essuyé une première faillite, la moitié des entrepreneurs étaient repartis en affaires. Mais

voilà où le bât blaise: en 1990, seulement 42 p. cent ont déclaré tenir compte de certaines pratiques de gestion, soit encore moins que lors du premier sondage! Les secteurs les plus délaissés depuis la dernière récession sont la formation continue, l'évaluation et la sélection du personnel. Ces secteurs, pourtant névralgiques pour la PME, ont été mis de côté par plusieurs entrepreneurs, tandis que dans d'autres entreprises, la consultation et la participation à la décision connaissent une plus grande popularité. En ce qui concerne les aspects financiers, les entrepreneurs d'aujourd'hui s'occupent moins de l'inventaire et du prix de revient, et sont moins portés à l'analyse de la situation financière qu'auparavant.

Ces statistiques font dire à Claude Lalonde que les faillites ne changent pas le comportement des gens d'affaires, qui préfèrent oublier ce triste passage de leur vie professionnelle. «Dès le lendemain de sa faillite, on cherche à oublier l'expérience, au lieu d'examiner les causes. Pourtant, même si cela est pénible, l'examen des raisons de

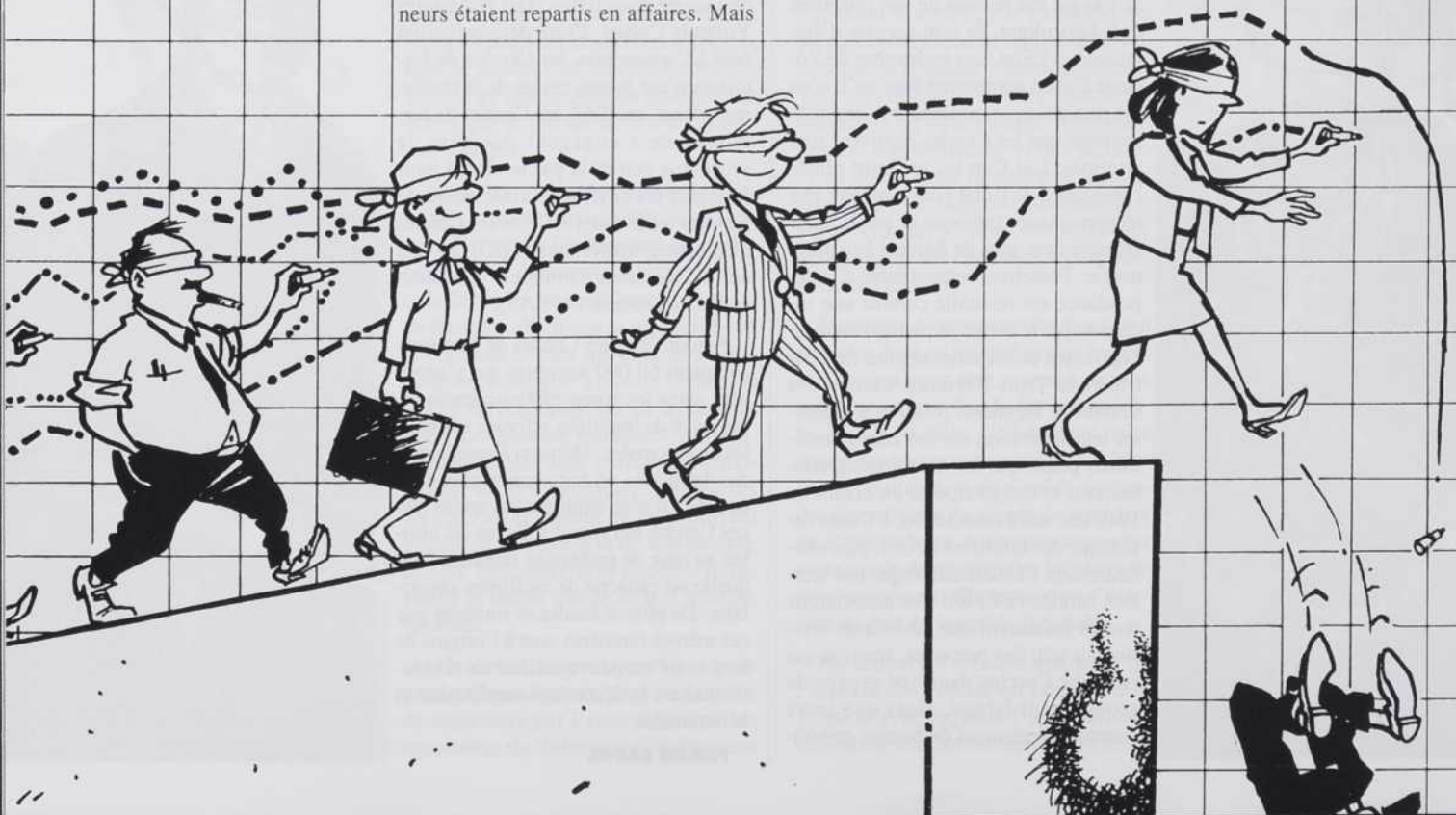
l'échec est fondamental pour éviter qu'il ne se reproduise», estime M. Lalonde.

La solution, selon le chercheur de l'UQAC, serait que les universités et les collèges québécois travaillent de concert avec les entrepreneurs. Un entrepreneur ou une entrepreneure avertis tireraient probablement mieux leur épingle du jeu, en plus de trouver un soutien affectif et, peut-être, de précieux conseils. «Mais les entrepreneurs de PME sont des gens individualistes, de dire Claude Lalonde, et il est parfois difficile de les faire penser en fonction d'un effort collectif.» Dans cet esprit, M. Lalonde participe depuis quelques années à la mise sur pied du «Regroupement des entrepreneurs victimes d'insolvabilité», pour aider ces derniers à cheminer à travers la dure école de la faillite.

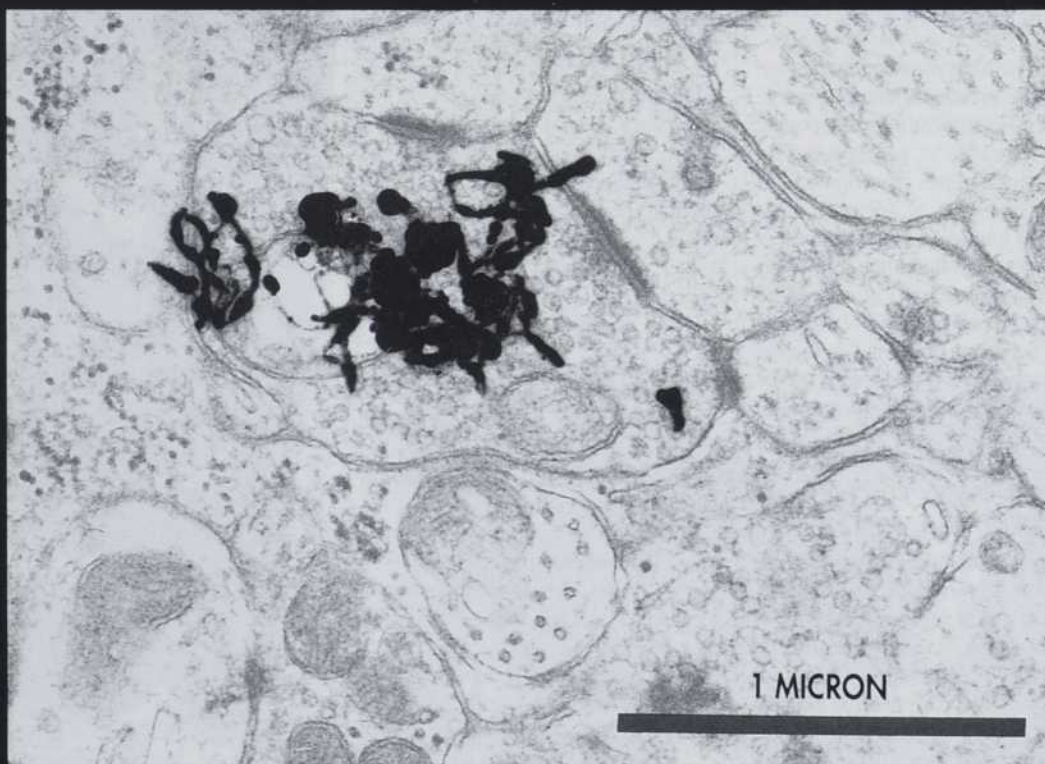
En termes de répercussions sur l'économie, la faillite d'une PME a un effet multiplicateur qui peut atteindre trois fois le montant de sa dette initiale.

ALAIN FORTIER

JACQUES GAGLIARDI



LA RÉGÉNÉRATION DES NERFS, L'UEUR D'ESPOIR POUR LES PARAPLÉGIQUES



Micrographie électronique d'un axone terminal (rétio-colliculaire) régénéré dans le cerveau d'un rat adulte. Vingt et un mois plus tôt, l'oeil et le cerveau avaient été connectés par un greffon composé d'un nerf périphérique. Les grains noirs sur le terminal indiquent qu'il contient le marqueur radioactif transporté le long de l'axone qui a repoussé de l'oeil vers le cerveau (barre = 1 micron).

ALBERT AGUAYO ET GARTH BRAY

Vous pensez que les nerfs adultes sectionnés ne se régénèrent pas? Détrompez-vous. Depuis une dizaine d'années, le docteur Albert J. Aguayo et son équipe de l'Université McGill mettent à mal ce dogme neurologique. Non seulement l'équipe du Centre de recherche en neurosciences a-t-elle réussi à stimuler la croissance d'axones adultes sectionnés, mais encore a-t-on vu des axones relancer leurs filaments vers les cibles neuronales appropriées et rétablir avec elles des connexions synaptiques efficaces, exactement comme le font les neurones de l'embryon. La régénération des nerfs adultes chez de petits rongeurs est maintenant une réalité. De quoi faire

lire un espoir, si faible et si lointain soit-il, aux yeux des paraplégiques victimes d'accidents à la moelle épinière.

Dans le système nerveux central, responsable de nos mouvements volontaires, toute rupture des axones — de longs filaments transmettant l'influx nerveux — est irréversible dans des conditions normales. Quand l'axone, qui peut mesurer jusqu'à un mètre de long dans la moelle épinière, est sectionné, le corps même de la cellule d'où il est parti se désintègre rapidement. Ainsi, non seulement la ligne de transmission est détruite, mais le central qui émettait les signaux l'est aussi.

Le docteur Aguayo a montré expérimentalement que si on greffait du tissu nerveux à l'endroit où l'axone était sectionné, non seulement ce dernier reprenait sa croissance comme dans l'embryon, mais encore le corps cellulaire lui-même était sauvé de la désintégration qui le frappe généralement quelques jours après la rupture de son axone.

Les travaux révolutionnaires d'Aguayo trouvent leur origine lointaine dans une hypothèse émise dans les années 20 par le célèbre neurologue espagnol Santiago Ramon Y Cajal. Selon ce dernier, la croissance des nerfs dans les embryons de mammifères dé-

pend de substances présentes dans le milieu ambiant des cellules nerveuses et non des propriétés intrinsèques de celles-ci.

Vers 1960, la neurologue Rita Levi-Montalcini isole une protéine, le facteur de croissance (FC) des nerfs, qui, quand elle est dans l'environnement de la cellule nerveuse, en stimule la croissance et la multiplication. Les axones se mettent alors à pousser comme de la mauve herbée.

Le docteur Aguayo, quant à lui, avait constaté une grande différence entre le comportement des cellules du système nerveux central (SNC) et de celles du système périphérique: tronçonnées, les premières obéissent au dogme et meurent, tandis que les secondes manifestent une certaine tendance à la régénération. Se pouvait-il que la gaine protectrice des axones périphériques, la gaine de Schwann, contienne du facteur de croissance? Et hypothèse plus hardie — pourrait-on greffer une gaine de Schwann périphérique au bout d'un axone sectionné du SNC? Si oui, l'axone ainsi pourvu d'une gaine allait-il se remettre à pousser?

Fin 1981, Albert Aguayo et Samuel David répondaient oui à toutes ces questions. Ayant sectionné la moelle épinière d'un rat, ils avaient greffé au tronçon d'axone un segment de nerf sciatique (un nerf périphérique à gaine de Schwann) dont ils n'avaient gardé que la gaine. Dans ce tuyau, l'axone sectionné avait repris sa croissance, s'allongeant rapidement de quelques centimètres. Depuis, les recherches d'Aguayo ont montré que deux autres facteurs de croissance peuvent stimuler la régénération des axones. On les trouve soit dans la gaine de Schwann, soit dans le tissu conjonctif (ou glial) entourant les nerfs. Il s'agit du facteur neurotrophique ciliaire et du facteur neurotrophique dérivé du cerveau. Ces enzymes, dans l'embryon, guident les axones vers leurs cibles spécifiques durant la croissance. Le docteur Aguayo entreprend ensuite de montrer qu'on pouvait produire un greffon capable de reformer avec sa cible naturelle une connexion synaptique efficace, de se comporter comme le nerf sain.

Albert Aguayo, Garth Bray, Manuel Vidal-Sanz et toute l'équipe du Centre de recherche en neurosciences sectionnèrent en 1987 les nerfs optiques de petits rongeurs juste derrière la rétine. Ils greffèrent au bout restant de l'axone un segment de nerf périphérique. L'axone se mit à se régénérer dans la gaine. Dix semaines plus tard, on implanta l'autre extrémité de l'axone régénéré dans le cortex optique de l'animal, le colliculus supérieur. Non seulement l'axone du nerf optique se dirigea vers les régions qui lui sont propres, mais en plus, il rétablit une connexion fonctionnelle avec le cerveau. Quand on stimule la rétine des rongeurs avec une source lumineuse, on peut en percevoir le signal transmis dans le cerveau par les axones régénérés.

Si l'axone en repousse trouve sa cible, c'est que celle-ci émet une substance que recherche le cône de croissance de l'axone. Cette substance n'est rien d'autre que le facteur de croissance. Quand le cône de croissance trouve du facteur de croissance dans son environnement, il accélère son avancée à travers le tissu interstitiel. Des concentrations faibles de facteur de croissance vers les concentrations plus fortes, le cône de croissance est guidé vers sa cible. Quand il l'a trouvée, le lien synaptique est renforcé du fait que l'axone pompe le facteur de croissance vers le corps cellulaire qui s'en nourrit.

L'équipe du Dr Aguayo a encore pas mal de pain sur la planche. Il faudra élucider la question des relations biochimiques entre cône de croissance et facteur de croissance. Pourquoi le cône de croissance réagit-il aux gradients de facteur de croissance? Des cibles différentes émettent-elles des FC différents, évitant ainsi des connexions aberrantes dans l'embryon? La réponse à ces questions intensifiera la lueur d'espoir pour les victimes d'accidents de la moelle épinière et lèvera un plus grand coin du voile sur la genèse du plus complexe réseau de transmission d'information, le système nerveux humain.

GUY PAQUIN

LE JEU DE L'ACTUALITÉ POLITIQUE



MINISTÈRE DES COMMUNICATIONS (OUBÉRIE) DANIEL LESSARD

Oui, la création de l'actualité politique est un jeu. Un jeu que les journalistes parlementaires et les membres de l'Assemblée nationale se voient dans l'obligation de jouer compte tenu de leurs divergences au moins partielles d'intérêts. L'objectif? Augmenter son contrôle de l'information et limiter le plus possible sa dépendance face à l'autre camp. Tel est du moins l'un des aspects majeurs que met en lumière la thèse déposée en octobre dernier par Jean Charron, au Département de science politique de l'Université Laval.

Pour être choisie comme telle, une nouvelle doit être intéressante sur le plan journalistique, c'est-à-dire qu'elle doit retenir l'attention du consommateur ou de la consommatrice et donc as-

LES CAHIERS DE L'ACFAS

Dernières parutions

Les Cahiers scientifiques

surer un gain au journaliste ainsi qu'à son média. Évidemment, si la collecte et le traitement de cette nouvelle exigent très peu de ressources, c'est l'idéal. C'est pourquoi, rapporte Jean Charron, la plupart des politiciens, qui ont compris l'importance d'accéder à un espace public pour se faire valoir, tâchent d'adapter leur discours aux particularités de l'exposé journalistique: ils construisent leur discours autour d'un ou de deux points majeurs, personnalisent et dramatisent les enjeux, et créent, dans certains cas, un effet de surprise.

Avant d'émettre un communiqué ou de se présenter devant les micros, les élus recherchent aussi des formules-chocs qui résument, de façon percutante, colorée et imagée, leur position. Et tant pis si cela entraîne l'oubli de la complexité ou de l'essence même de leurs dossiers!

Bien entendu, il peut arriver qu'une source politique n'ait pas intérêt à ce qu'une information particulière soit publiée. Alors, tout en donnant l'impression de respecter la norme de la transparence, elle réussit souvent à diminuer la valeur ou l'attrait de cette information en la dissimulant, par exemple, dans un volumineux document technique.

Une autre façon pour les politiciens de s'assurer du contrôle de l'information consiste à tenir leur appareil administratif dans l'ignorance et à inviter les fonctionnaires à se taire, ce que ces derniers font généralement volontiers... jusqu'à ce qu'ils vivent une frustration ou que la conjoncture politique annonce un changement prochain de gouvernement.

Selon Jean Charron, l'efficacité des tactiques auxquelles recourent les politiciens est accrue par le fait que les sources politiques sont en mesure, par des revues de presse ou des échanges informels avec les journalistes, de prévoir quels sujets ces derniers privilégieront. Ils utilisent d'ailleurs cette capacité de prévoir tant les sujets que le temps dont disposent les journalistes pour imposer, le plus subtilement possible, leurs modalités d'échanges. Ce n'est donc pas par hasard qu'ils offriront, par

exemple, de donner une courte ou une longue entrevue, exclusive ou non, aux médias écrits plutôt qu'électroniques.

De leur côté, les journalistes parlementaires, littéralement inondés d'informations officielles, coincés dans un horaire chargé et limités par le temps dont ils disposent pour fournir la nouvelle, tentent de décoder et de traduire au mieux le discours de leurs sources. Pour éviter les erreurs, limiter l'influence des élus et diminuer leur dépendance face aux références expertes politiques, les journalistes se rencontrent donc entre eux, discutent et échangent des informations. Cette mise en commun explique au moins en partie la quasi-uniformité des informations politiques d'un média à l'autre.

Compte tenu des contraintes que chacun des groupes s'impose mutuellement, les occasions de mécontentement ou d'insatisfaction entre le personnel politique et les journalistes se font relativement nombreuses, relève Jean Charron. Néanmoins, l'interdépendance des acteurs rend le conflit peu profitable pour quiconque. Tous tentent donc d'en limiter la portée et la fréquence. À ce chapitre, par exemple, un attaché de presse, fin stratège et négociateur, peut se révéler particulièrement précieux s'il est capable de satisfaire à la fois le journaliste et le politicien.

LYNE LAUZON



LES CAHIERS DE L'ACFAS

Dernières parutions

Les cahiers scientifiques

60. Le paradoxe de la gestion universitaire: pour une nouvelle problématique
61. Consultations publiques et stratégies de planification
63. Une démocratie technologique?
64. Colloque sur la fabrication automatisée
65. Territoires et minorités: de l'Amérique française au lac Meech
66. Bioéthique, méthodes et fondements
67. La pensée économique au Québec français
68. Génétique et éthique: identification et thérapie des maladies génétiques
69. L'Utilisation du processus d'apparition du handicap: approche conceptuelle dans la recherche
70. «Sexe faible» ou travail ardu? Recherches sur la santé et la sécurité des travailleuses
71. L'Actualité de la recherche en lecture
72. Iconographie et image de la Révolution française
73. Les avenues de la science politique: théories, paradigmes et scientificité
74. La paix comme projet de justice
75. Droits - Liberté - Démocratie

La série politique et économie

6. La Théorie générale et le keynésianisme
7. Le nécessaire combat syndical
8. La politique économique canadienne à l'épreuve du continentalisme
9. Friedrich Hayek, philosophie, économie et politique
10. Investissement, emploi et échanges internationaux
11. La quête du développement: horizons canadien et africain



Vente en librairie (distribution Prologue) ou à l'Acfas

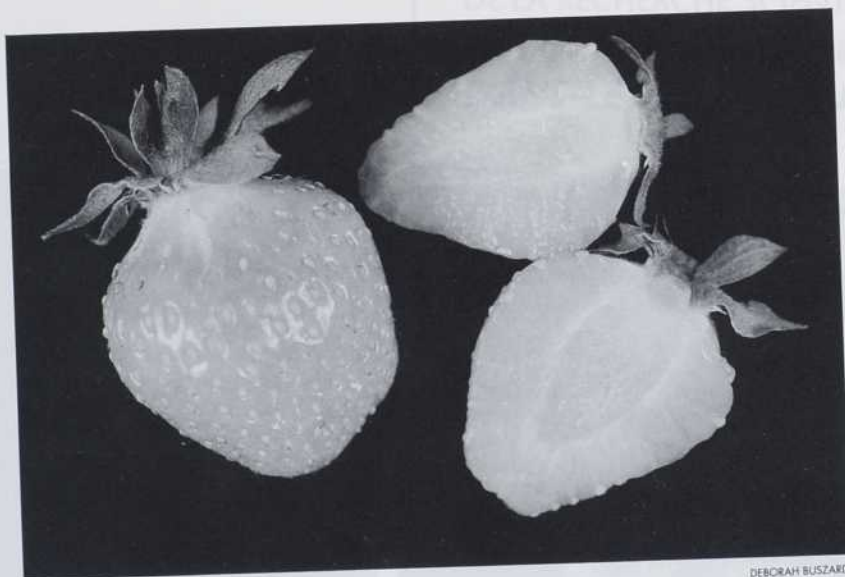
LA «CHAMBLY»: PREMIÈRE FRAISE «PURE LAINE»!

Une équipe de recherche en phyto-technie du collège Macdonald, dirigée par Deborah Buszard, vient de mettre au point un nouveau cultivar de fraise, surnommé «Chambly». Première fraise développée au Québec, la «Chambly» est le résultat de cinq ans de recherche dans les serres de Sainte-Anne-de-Bellevue et à la station de recherche d'Agriculture Canada, à Saint-Jean-sur-Richelieu.

Les travaux de M^{me} Buszard font suite à une demande de l'industrie alimentaire, notamment des compagnies Kraft et Catelli. On cherchait à obtenir une fraise de transformation idéale: elle devait être ferme, sucrée, d'un beau rouge et bien adaptée aux conditions climatiques du Québec. De plus, la disposition de sa tige devait faciliter sa récolte à l'aide d'une machinerie spécialisée.

Jusqu'à maintenant, les cultivars de fraise offerts aux producteurs étaient ceux de deux espèces américaines: la *Sparkle*, au bon goût sucré, et la *Honeoye*, dont la taille est généreuse et la récolte abondante. De ce croisement génétique est né un rejeton à la peau ferme et au «cou» allongé, qui permettent de bien séparer la tige du fruit. Deborah Buszard, avec le consentement des nouveaux «parents», a décidé de baptiser la première fraise québécoise «Chambly» en l'honneur de cette ville historique de la vallée du Richelieu.

À Agriculture Canada, on a testé la «Chambly» dans des sols argileux et sablonneux du Québec, mais également du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse. Le sable s'est révélé un milieu parfait pour la croissance de cette fraise, car l'incidence des maladies de racines s'y trouve réduite et l'uniformité du sol facilite la récolte par machinerie.



DEBORAH BUSZARD

Ainsi, les producteurs du comté de l'Assomption, qui voient graduellement baisser la demande de tabac, veulent s'orienter vers la culture de la fraise: le sol sablonneux de leur région, nécessaire à la culture du tabac, sera tout aussi indiqué pour la culture de la «Chambly».

Autrefois importées du Mexique et de la Pologne, les fraises destinées à la transformation locale (confitures, yogourts, etc.) pourront désormais être cultivées sur place, ce qui diminuera les coûts de transport. Au Québec, on cultive 2 500 hectares de fraises, dont la récolte rapporte environ 14 millions de dollars. Chaque année, on transplante 9 millions de plants.



Conseil
des sciences
du Canada

Science
Council
of Canada

Comment accroître le potentiel d'innovation et l'esprit d'entreprise au pays? Deux publications récentes du Conseil des sciences du Canada contiennent justement des recommandations sur la manière d'améliorer les stratégies de développement économique des collectivités locales, grâce à un usage plus judicieux de la technologie :

Embrayer le «moteur technologique» (déclaration commune du Conseil des sciences et de l'Association canadienne de technologie de pointe), 13 p.

Initiatives locales, succès mondial (rapport publié en collaboration avec l'Association canadienne de technologie de pointe et la Chambre de commerce du Canada), 45 p.

Le Conseil des sciences s'est par ailleurs penché sur le rôle des sciences et de la technologie dans le développement du Nord, de même que sur les possibilités offertes au Canada par les sciences et les technologies des régions froides. Deux publications y sont consacrées :

La science au service du Nord. Poser les bases de l'autodéveloppement économique (rapport n° 41), 48 p.

Exploiter les sciences et les technologies des régions froides (déclaration), 28 p.

Pour obtenir gratuitement un exemplaire de l'une ou l'autre de ces publications, communiquer avec le Service des publications du Conseil des sciences du Canada, 100, rue Metcalfe, Ottawa (Ontario) K1P 5M1, tél. : (613) 992-1142; téléc. : (613) 995-0115.

LES CAHIERS DE L'ACFAS

Dernières parutions

La



Récolteuse de fraises.

La «Chambly» est encore toute jeune et on ne dispose pas de suffisamment de plants pour sa commercialisation immédiate. Elle devra donc passer un an en pépinière avant d'être mise en marché. C'est au printemps 1992 que les producteurs pourront se procurer les cultivars de cette nouvelle fraise, surnommée par Deborah Buszard, la première fraise «pure laine». La chercheuse travaille à la création d'une autre fraise, qu'elle avait préalablement surnommée «Oka»; mais elle pense la rebaptiser étant donné les événements de l'été dernier.

Les spécialistes en phytotechnie du collège Macdonald, affilié à l'Université McGill, travaillent également à un projet d'amélioration de la résistance des fruits aux micro-organismes et champignons qui attaquent les plants. On sélectionne les meilleurs croisements pour la production biologique (sans apport de pesticides) de la pomme, de la framboise et de la fraise. Plus de 5 000 croisements sont présentement en expérimentation.

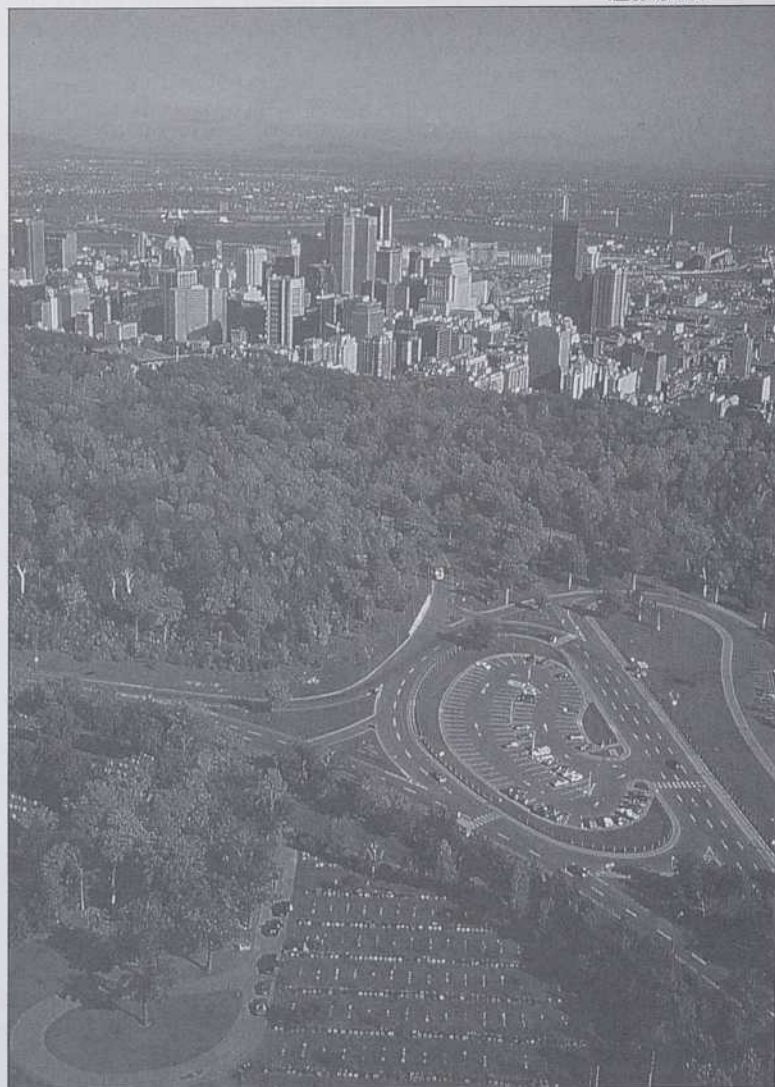
VIVE LES ESPACES... LIBRES!

L'Étude sur l'aménagement des espaces libres de Montréal, réalisée par la Faculté d'aménagement de l'Université de Montréal, aidera les responsables de la planification au Service de l'habitation et du développement urbain de la Ville de Montréal (SHDU), à redéfinir les critères d'aménagement des parcs et autres lieux publics ainsi qu'à mettre au point une politique sur les espaces libres urbains.

Une équipe formée de professeurs en architecture de paysage et en urbanisme a examiné l'évolution des formes et des fonctions des espaces libres montréalais, appelés dans le rapport «espaces ouverts».

Selon cette étude, il faut reconsidérer la planification des espaces comme les parcs, les places ou les terrains de jeux en fonction du besoin et du plaisir que l'usager ou l'usagère en retire. Cela revient à valoriser la prise en compte de la fonction sociale de ces espaces et à remettre en question l'approche normative qui a prévalu depuis les années 40 dans la planification.

MODULE DES COMMUNICATIONS
VILLE DE MONTRÉAL



L'ACTUALITÉ

DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
EN SANTÉ ET EN SÉCURITÉ DU TRAVAIL
DANS LE PÉRIODIQUE L'IRSSST

PARMI LES THÈMES ABORDÉS:

- SÉCURITÉ DES MACHINES
- ORGANISATION DU TRAVAIL
- ANALYSES ERGONOMIQUES DES TÂCHES
- MAUX DE DOS
- QUALITÉ DE L'AIR DANS LES MILIEUX INDUSTRIELS ET LES ÉDIFICES À BUREAUX
- TRAVAIL ET GROSSESSE
- ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION

IRSSST, NOS RECHERCHES TRAVAILLENT POUR VOUS



IRSSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec



COUPON D'ABONNEMENT

Si vous désirez être informé des recherches menées ou financées par l'Institut, abonnez-vous gratuitement au périodique d'information L'IRSSST, publié trois fois par année, en remplissant le coupon ci-joint et en le retournant à :

L'IRSSST
Direction des communications
505, boul. de Maisonneuve Ouest,
Montréal (Québec) H3A 3C2

Nom _____

Fonction _____

Organisme _____

Adresse _____

Ville _____ Code postal _____ Province _____

(INT 91)



MODULE DES COMMUNICATIONS
VILLE DE MONTRÉAL

Aux critères de superficie, de localisation et de justice distributive doivent s'ajouter ceux liés au statut juridique, à la composition et à la programmation des espaces. De plus, le principe de diversité devrait sous-tendre tant la planification que l'aménagement de ces lieux. Les rapports des citoyens avec les espaces ouverts, libres, publics ont changé. L'éphémère côtoie le quotidien, comme en témoignent des événements tels que le Tour de l'île, le Festival de jazz et la Fête des neiges. L'animation va désormais de pair avec la conception des espaces.

Par ailleurs, compte tenu des limites des budgets affectés à la planification et à l'aménagement des espaces, l'étude recommande que la rénovation, voire la restauration, des espaces actuels constituent des interventions à envisager dans le plan d'action de la Ville de Montréal.

Également, faute de trouver de «nouveaux espaces», les endroits désaffectés, les friches industrielles et plusieurs autres catégories d'espaces doivent être retenus et évalués en fonction des possibilités d'aménagement qu'ils représentent. Leur mise en valeur, tout autant que celle des espaces dont le caractère patrimonial et l'intérêt culturel semblent plus évidents, devrait s'appuyer sur les particularités de ces sites et de leur contexte d'insertion.

Ce sont là quelques exemples des recommandations contenues dans l'Étude. La politique concernant la planification et l'aménagement des espaces libres montréalais est en voie de réalisation au SHDU. Ce projet (le premier depuis le plan directeur des espaces libres de 1955) s'inspirera en partie des travaux de la Faculté d'aménagement de l'Université de Montréal.

PAR SOPHIE MALAVOY

LE PALMARÈS KILLAM 1991

C'est au docteur Jacques de Champlain, de la Faculté de médecine de l'Université de Montréal, que revient l'un des trois prix commémoratifs Izaak-Walton-Killam accordés en 1991 par le Conseil des arts du Canada. Les autres lauréats sont l'ingénieur civil Walter H. Dilger et le professeur de biologie médicale Gordon H. Dixon, tous deux de l'Université de Calgary.

Le docteur Jacques de Champlain est considéré comme un chef de file international dans le domaine de la régulation neurale en relation avec le contrôle de la pression artérielle. Ses découvertes ont connu d'importantes applications cliniques, en particulier dans le cas des patients hypertendus. Par ailleurs, le comité de sélection Killam a accordé 15 nouvelles bourses, dont trois à des chercheurs québécois. Il s'agit de:

- Bernard Beugnot, Université de Montréal, littérature française (Solitude et société au XVIII^e siècle : le discours de la retraite);

- Reuven R. Brenner, Université de Montréal, sciences économiques (Pièce science, piètres politiques et quoi faire à leur égard);

- Jiri Patera, Université de Montréal, physique mathématique (Classification de nombres quantiques additifs pour des systèmes quantiques avec un groupe de symétrie).

Finalement, 15 autres chercheurs et chercheuses ont vu leur bourse Killam renouvelée, dont les 7 scientifiques suivants:

- Rodolphe De Koninck, Université Laval, anthropologie (La paysannerie, l'État et le compromis territorial);

- Michel Despland, Université Concordia, études religieuses (La religion à partir du XIX^e siècle);

- Gilles Fontaine, Université de Montréal, astrophysique (Étude des propriétés physiques des étoiles dégénérées);

- Bogumil Kols Jewsiewicki, Université Laval, histoire (De l'anthropologie historique de la mémoire urbaine à l'histoire intellectuelle "populaire", Zaire 1920-1990);

- Régine Robin, Université du Québec à Montréal, littérature comparée (La traversée des langues: plurilinguisme et texte littéraire);

- Dennis R. Salahub, Université de Montréal, chimie (Dynamique des agrégats et dynamique de surface dans tout le tableau périodique);

- Michel R. Wertheimer, École polytechnique, génie physique (Enduits protecteurs à fins multiples pour les matériaux des vaisseaux de l'espace).

Chacun des prix Killam consiste en la somme de 50 000 \$. Quant aux bourses Killam, elles remplacent le traitement salarial et les avantages sociaux des lauréats et permettent à ces derniers de se consacrer à leurs recherches.

DU GIERF À L'IREF

C'est lors de la Journée internationale des femmes, le 8 mars dernier, que l'Université du Québec à Montréal (UQAM) a inauguré son Institut de recherches et d'études féministes (IREF). Les activités de recherche et d'enseignement de l'IREF poursuivent celles déjà amorcées par le Groupe interdisciplinaire pour l'enseignement et la recherche féministe de l'UQAM, le GIERF.

L'ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE QUÉBÉCOISE EN CHIFFRES

Malgré une stagnation des dépenses au cours des cinq dernières années, c'est le gouvernement du Québec qui affecte le plus de fonds à des activités scientifiques et techniques, soit 450,4 millions de dollars en 1988-1989. Il est suivi de très près par le gouvernement

ontarien avec 441,7 millions de dollars. Chacune de ces provinces compte pour 31 p. cent de l'effort provincial canadien. Viennent ensuite l'Alberta avec 234,4 millions (16 p. cent) et la Colombie-Britannique avec 128,2 millions (9 p. cent). Les autres provinces se situent entre 25 et 50 millions de dollars.

Ces données sont issues d'une enquête réalisée en 1989 par Statistique Canada, en collaboration avec le Bureau de la statistique du Québec (BSQ), auprès de tous les ministères et organismes publics de l'État québécois, à la demande du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science (MESS). Cette enquête nous apprend également que les activités de R-D intra-muros accaparaient 32 p. cent, soit 48,7 millions de dollars, des dépenses de R-D de l'administration provinciale en 1988-1989. Le reste (68 p. cent) se répartit entre les autres secteurs d'exécution, principalement les universités (30 p. cent, soit 46 millions). L'industrie ne comptait que pour 7 p. cent des dépenses gouvernementales de R-D, soit 10,6 millions de dollars.

En ce qui concerne la répartition des dépenses par domaine scientifique, 56 p. cent des 450 millions de dollars étaient en 1988-1989 consacrés aux sciences naturelles et au génie (SNG) et 44 p. cent aux sciences sociales et humaines (SSH). Si l'on se restreint à la R-D, 85 p. cent du total (153,5 millions de dollars) allait aux SNG et 15 p. cent aux SSH.

L'enquête nous permet finalement de connaître les principaux objectifs visés par l'administration provinciale dans ses dépenses allouées aux activités scientifiques et techniques. Dans l'ordre et selon le pourcentage des dépenses particulières par rapport aux dépenses totales, les principaux objectifs ont été le développement économique (35 p. cent), le développement social (27 p. cent), l'avancement de la science (21 p. cent), la santé (5 p. cent), l'environnement (1 p. cent).

Source

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA SCIENCE, «Le financement des activités scientifiques et techniques par le gouvernement du Québec», Direction des politiques et des priorités scientifiques, ISBN 2-550-21494-3, 1990.

LES CHAMPIONS DE L'INGÉNIERIE

Ce sont trois étudiants de l'Université du Québec à Chicoutimi, Jérôme Colin, Nicolas Gagnon et René Faucher, qui ont remporté le premier prix dans la catégorie «design innovateur» lors de la dernière compétition canadienne d'ingénierie tenue à Sherbrooke en mars dernier. Leur innovation? Un diable comportant un levier et un frein.

De plus, deux autres Québécois, Yvon Drolet et Stéphane Fortin de l'Université Laval, ont reçu le premier prix dans la catégorie «solution aux problèmes industriels» pour leur projet de télédétection des polluants chimiques de l'atmosphère. Cette équipe a également mérité le Prix de l'excellence technique décerné par les Pétroles Esso Canada.

NOUVELLE DIRECTRICE À L'ACFAS

Depuis mars dernier, l'Acfas a une nouvelle directrice générale: M^{me} Françoise Braun, qui succède à M^{me} Danielle Ros.

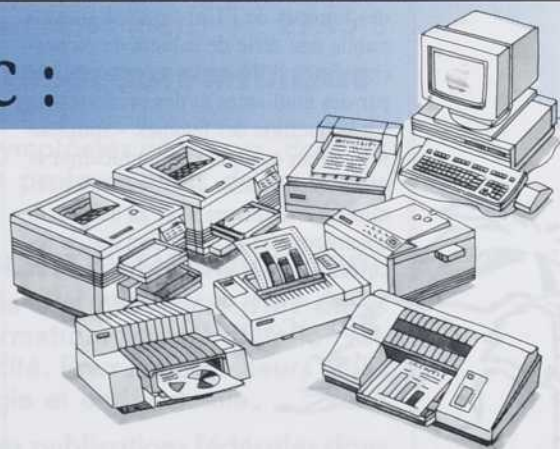
Françoise Braun détient une maîtrise en anthropologie ainsi qu'une maîtrise interdisciplinaire en muséologie de l'Université de Montréal. Pendant plusieurs années, elle a enseigné l'ethnologie au Cégep du Vieux-Montréal et au Cégep de Drummondville ainsi qu'à l'UQAM et à l'Université de Montréal. Elle a, de plus, fait de la recherche, entre autres pour le GIRAM, Relais-femmes, le ministère des Communautés culturelles et de l'Immigration ainsi que le ministère de l'Éducation. Depuis plus de cinq ans, elle était directrice générale adjointe à l'Acfas et elle a géré l'organisation des derniers congrès annuels à l'Université Laval, à l'UQAM, à l'Université de Moncton et à l'Université d'Ottawa.



Françoise Braun

te à l'Acfas et elle a géré l'organisation des derniers congrès annuels à l'Université Laval, à l'UQAM, à l'Université de Moncton et à l'Université d'Ottawa.

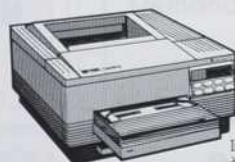
Hewlett-Packard et Mac : un couple qui a fière allure.



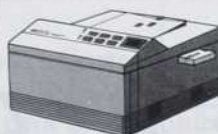
Hewlett-Packard met maintenant à votre portée une gamme complète d'imprimantes et de lecteurs optiques de grande qualité qui améliorent nettement la présentation de vos fichiers Macintosh.

La famille des imprimantes LaserJet de Hewlett-Packard pour le Macintosh

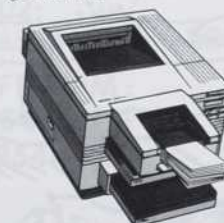
Équipées de la cartouche de configuration PostScript^{MD} d'Adobe, de l'interface AppleTalk^{MD} et d'une extension de mémoire, ces imprimantes sont absolument compatibles avec votre logiciel Macintosh.



Imprimante HP LaserJet III à résolution supérieure de 300 points par pouce.



Imprimante HP LaserJet IIP de table maintenant à votre portée.



Imprimante HP LaserJet IIID à résolution évoluée, capable de traiter des formats de papier variés pour les besoins des gros utilisateurs.

**Venez
en faire
l'essai dès
aujourd'hui.**

hp HEWLETT
PACKARD
Concessionnaire autorisé

Les imprimantes PostScript^{MD} pour le Mac : des solutions abordables.



Devenez
membre et
bénéficiez
d'importantes
réductions.

coopoly

Succursale informatique
3744, rue Jean-Brillant
Montréal, (Québec)
H3T 1P1
Tél. : 340-4487

DES PROFESSEURES - BOURSIÈRES AU CRSNG

Vingt Canadiennes, dont cinq Québécoises, ont mérité une bourse dans le cadre du premier concours du Programme de professeures-boursières du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) du Canada. Ce nouveau programme a pour but d'accroître le nombre de femmes occupant des postes en sciences et en génie au sein du corps professoral des universités. Chaque bourse consiste en une contribution de 30 500 \$ au salaire de la lauréate et en une subvention pour l'aider à démarrer son programme de recherche.

AUTEURES DEMANDÉES

Depuis 1987, le Programme en études des femmes de l'Université d'Ottawa publie une série de cahiers de recherche afin de diffuser des travaux réalisés par des étudiantes et des professeures sur la question des femmes. «Spirales» se veut un outil de communication et de développement de la recherche féministe à l'Université et au sein de la communauté. Les textes font état de résultats d'études (série «Études») et d'actes de «colloques» (série «Colloques»).



Cette année, les membres de «Spirales» préparent un numéro en français sur les femmes et le développement ainsi qu'un numéro en anglais sur les femmes et l'éducation. Toute personne dont les travaux portent sur la question des femmes est invitée à soumettre un texte. Communiquez avec «Spirales», Programme en études des femmes, 143, rue Séraphie Marion, Ottawa (Ontario) K1N 6N5; tél.: (613) 564-4019

VICTOIRE EN GESTION DE LA TECHNOLOGIE

L'équipe HEC-Polytechnique a remporté la première place ex aequo lors de la compétition nationale en gestion de la technologie, qui s'est tenue le 9 mars 1991 à l'Université de la Saskatchewan. Treize équipes universitaires canadiennes regroupant des étudiants et étudiantes au MBA et à la maîtrise en gestion ou en ingénierie étaient en lice.

NOUVEAU DIRECTEUR GÉNÉRAL À L'IAF

M. Claude Pichette occupe depuis février dernier le poste de directeur général de l'Institut Armand-Frappier. Il a également été nommé président du conseil d'administration.



BIO/MEGA

UN CHEF DE FILE EN RECHERCHE PHARMACEUTIQUE AU CANADA

BIO-MÉGA INC.

Une filiale de Boehringer Ingelheim (Canada) Ltée

2100 rue Cunard, Laval (Québec) H7S 2G5
Tél.: (514) 682-4640 Télécopieur: (514) 682-8434

TROIS CHAIRES DE PLUS À LAVAL

L'Université Laval compte maintenant trois chaires industrielles de plus grâce à un appui financier totalisant 4 millions de dollars du Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie et de trois partenaires industriels. Il s'agit tout d'abord de la Chaire industrielle en géomatique appliquée à la foresterie, dont le partenaire industriel est un regroupement d'une vingtaine d'entreprises membres de l'Association des industries forestières du Québec. Vient ensuite la Chaire industrielle en exploration minière souterraine, dont le partenaire privé est la compagnie Cambior. Finalement, la dernière recrue est la Chaire industrielle en biotechnologies de la reproduction, dont le partenaire est la compagnie Semex Canada.

APPEL DE CONFÉRENCIERS ET CONFÉRENCIÈRES

La Société d'énergie explosive du Québec est à la recherche de personnes désireuses de présenter une communication lors de la 14^e Session d'étude sur les techniques de sautage, qui aura lieu à l'Université Laval les 31 octobre et 1^{er} novembre 1991. Les conférences portant sur des études de cas, de même que celles touchant les aspects techniques ou ergonomiques du tir à l'explosif, sont particulièrement recherchées. Les personnes intéressées doivent soumettre leur proposition de communication avant le 14 juin à: Pierre Choquet, Département des mines et métallurgie, Université Laval, Québec G1K 7P4; tél.: (418) 656-5273.



Conseil de recherches
médicales du Canada

Medical Research
Council of Canada

OUVRAGES DE RÉFÉRENCE INDISPENSABLES

Principal organisme de financement de la recherche médicale au Canada, le Conseil de recherches médicales du Canada aide plus de 3 000 scientifiques dans la plupart des universités canadiennes et autres établissements à poursuivre d'importantes recherches.

Le CRM et le Secrétariat d'État du Canada ont compilé des vocabulaires anglais-français/français-anglais de termes techniques en médecine. Ces vocabulaires seront utiles aux terminologues et traducteurs et aux étudiants et professionnels.

COLLECTION BULLETIN DE TERMINOLOGIE VOCABULAIRE DE SÉMIOLOGIE DE L'APPAREIL LOCOMOTEUR (198)

Volume 1 : signes cliniques

4 000 entrées. Signes et symptômes cliniques de l'appareil locomoteur. Pour les spécialistes du domaine (rhumatologues, physiatres, orthopédistes). 29,95 \$

VOCABULAIRE DE SÉMIOLOGIE MÉDICALE (199)

2 000 entrées. Signes et symptômes généraux. Pour les étudiants en médecine et professionnels de la santé. 29,95 \$

VOCABULAIRE DU GÉNIE GÉNÉTIQUE (200)

1 050 entrées. L'ensemble des procédés, issus de la biologie moléculaire, permettant la manipulation de l'ADN, vecteur de l'hérédité. Pour les chercheurs et les étudiants en biotechnologie et en biochimie. 25 \$

S'adresser à la librairie des publications fédérales dans votre ville ou à n'importe quelle librairie qui vend les publications du gouvernement fédéral ou au Centre d'édition du gouvernement du Canada à Hull (Québec) K1A 0S7.

(Téléphones : Cartes de crédit et commandes :
(819) 956-4802;

Demande de prix et disponibilité : (819) 956-4800).

Renseignements sur le CRM :
Téléphone : (613) 954-1812;
télécopieur : (613) 954-1800

Canada

La Santé et le développement

Deux enjeux majeurs du XXI^e siècle



DES DONNÉES,
DES RÉFÉRENCES,
DES MÉTHODES,
DES SYNTHÈSES

■ Un reflet de la science contemporaine, appliquée à la santé des hommes

■ Une ouverture vers la compétition internationale par la publication scientifique

■ Un nouvel espace d'acquisition et de diffusion de la connaissance en santé, étendu aux cinq continents

■ Un témoignage de la vitalité des équipes qui communiquent en français

(6 numéros/an)

CAHIERS/SANTÉ TARIFS D'ABONNEMENT 1991 (1 an - 6 numéros)

	Particuliers	Institutions	Étudiants (1)
France et autres pays CEE	380 FF	650 FF	250 FF
Afrique, Amérique latine, Asie du Sud-Est, Liban			
Europe orientale	190 FF	325 FF	125 FF
Canada, États-Unis	95 \$C	165 \$C	65 \$C
Autres pays	380 FF	650 FF	250 FF

Les frais de port sont inclus dans ces tarifs.

(1) Tarifs étudiants consentis sur présentation de la photocopie R*/V* de la carte d'étudiant en cours de validité.

Veillez m'abonner au tarif : _____ FF

Je joins à l'ordre de John Libbey Eurotext
 un chèque bancaire un chèque postal

Nom de l'abonné _____ Spécialité _____

Adresse complète _____

Date _____ Signature _____

Adresser ce bulletin à : John Libbey Eurotext, 6, rue Blanche, 92120 - Montrouge, France

CONSEIL DE RECHERCHES EN SCIENCES HUMAINES DU CANADA (CRSH)

- Bourses postdoctorales (nouvelle demande)
 - Bourses Jules et Gabrielle-Léger, pour une recherche ou la rédaction d'un ouvrage portant sur la contribution historique de la Couronne et de ses représentants fédéraux et provinciaux à la vie politique, constitutionnelle, culturelle, intellectuelle et sociale du pays.
 - Bourse canadienne Bora-Laskin pour de la recherche sur les droits de la personne.
- Date limite: 1^{er} octobre 1991

Renseignements:

CRSH
Division des bourses
255, rue Albert
C.P. 1610
Ottawa (Ontario) K1P 6G4
(613) 992-0525

CONSEIL DE RECHERCHES EN SCIENCES NATURELLES ET EN GENIE (CRSNG)

- Bourses commémoratives E.W.R. Steacie
Accordées en reconnaissance des réalisations exceptionnelles d'un nombre limité de jeunes scientifiques, ingénieurs et ingénieures, membres du corps professoral des universités canadiennes; elles ont pour but d'appuyer leurs travaux de recherche.
- Date limite: 1^{er} juillet 1991

Renseignements:

CRSNG
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) K1A 1H5
(613) 995-6295

ASSOCIATION CANADIENNE DES RADIODIFFUSEURS

- Bourse d'études Raymond-Crépault
- Bourses d'études offertes par le BBM (Bureau of Broadcast Measurement)

- Bourses d'études Ruth-Hancock
 - Bourses d'études en journalisme électronique Jim-Allard
- Date limite: 30 juin 1991

Renseignements:

Association canadienne des radiodiffuseurs
C.P. 627, succ. B
350, rue Sparks
Bureau 306
Ottawa (Ontario) K1P 5S2
(613) 233-4035

BUREAU CANADIEN DE L'ÉDUCATION INTERNATIONALE (BCEI)

- Bourses de l'ACDI offertes aux Canadiens: elles visent avant tout à perfectionner les compétences techniques et professionnelles de Canadiens et Canadiennes en cours de carrière, intéressés à travailler dans des pays en voie de développement et à ainsi améliorer leurs connaissances du milieu.
- Date limite: 3 septembre 1991

Renseignements:

Agente de programme
Bourses de l'ACDI
offertes aux Canadiens
Bureau canadien de l'éducation internationale
85, rue Albert
Bureau 1400
Ottawa (Ontario) K1P 6A4
(613) 237-4820

CENTRE DE RECHERCHES POUR LE DÉVELOPPEMENT INTERNATIONAL (CRDI)

- Bourse en journalisme
Offerte à toute personne de nationalité canadienne ou résidant de façon permanente au Canada, actuellement à l'emploi d'un quotidien canadien ou d'une agence de presse canadienne.
- Date limite: 1^{er} juin 1991

Renseignements:

Stage Gemini
Division des bourses

Centre de recherches
pour le développement international
B.P. 8500
Ottawa (Ontario) K1G 3H9

ASSOCIATION DES GENS D'AFFAIRES ET PROFESSIONNELS ITALO-CANADIENS INC.

- Bourses: offertes à toute personne résidant au Québec et d'origine italienne, inscrite à temps plein à un programme d'études du 1^{er} ou 2^e cycle; attribuées selon le mérite et le besoin.
- Date limite: 30 juin

Renseignements:

Comité de sélection des bourses
Association des gens d'affaires et professionnels italo-canadiens inc.
6020, rue Jean-Talon
Bureau 830
Ville Saint-Léonard (Québec)
H1S 3B1
(514) 254-4929

INSTITUT CANADIEN DE RECHERCHES SUR LES FEMMES

- Prix Laura-Jamieson: couronne une oeuvre de littérature féministe non romanesque qui contribue à faire connaître ou comprendre la vie des femmes. Ce prix vise à reconnaître la publication de plus en plus abondante des travaux de chercheuses féministes.
- Date limite: 30 août 1991

Renseignements:

La présidente du Comité d'attribution du prix Laura-Jamieson
a/s de l'ICREF
151, rue Slater
Bureau 408
Ottawa (Ontario) K1P 5K3
(613) 563-0681

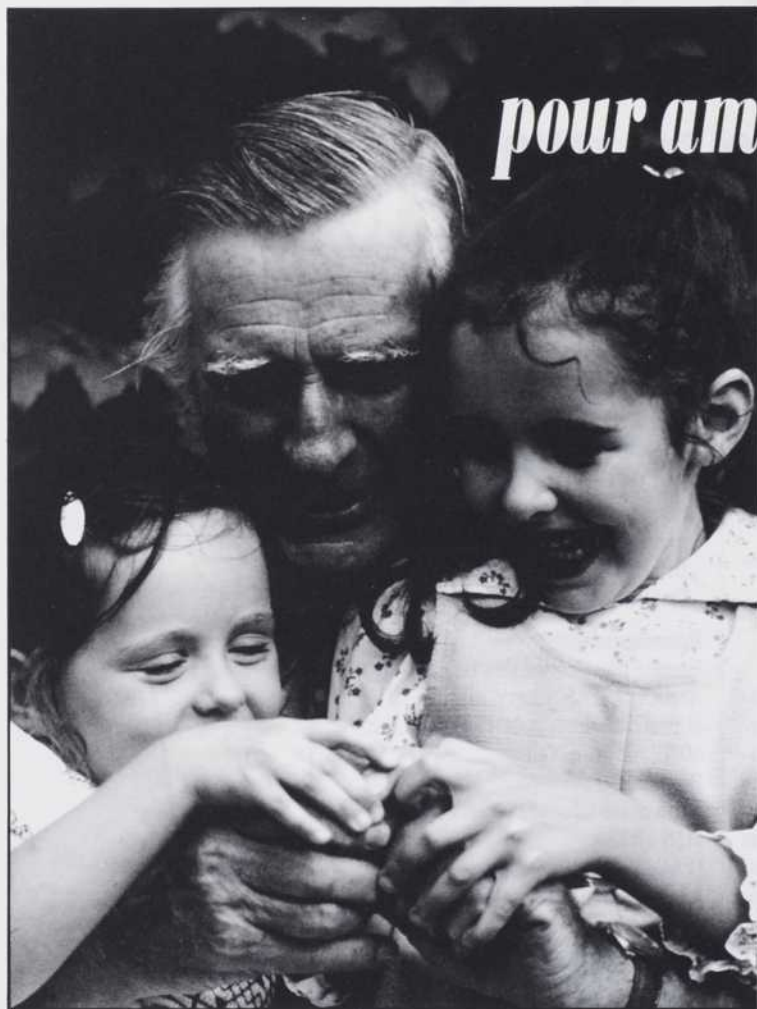
NOTE

- Pour de plus amples renseignements, s'adresser aux organismes eux-mêmes ou aux universités. Vérifier l'exactitude des dates limites, car elles peuvent être modifiées en cours d'année.

La Santé

RECHERCHE EN SANTÉ

pour améliorer la qualité de vie



Relevant du ministère de la Santé et des Services sociaux, le Fonds de la recherche en santé du Québec (FRSQ) a la fonction de promouvoir et d'aider financièrement la recherche et la formation de chercheurs dans le domaine de la santé.

Pour être informé régulièrement sur les recherches soutenues par notre organisme, sur les femmes et les hommes qui les réalisent et sur les structures à l'intérieur desquelles oeuvrent ces scientifiques, abonnez-vous gratuitement à la publication trimestrielle INFO-FRSQ.

Prière d'écrire ou de téléphoner au Service des communications.



Cliché du laboratoire L. Descarries, Université de Montréal.

550, rue Sherbrooke ouest
Bureau 1950
Montréal, Québec H3A 1B9
Téléphone: (514) 873-2114
Télécopieur: (514) 873-8768



ASSOCIATION CANADIENNE POUR L'INTÉGRATION COMMUNAUTAIRE

- Bourses offertes aux personnes étudiant au niveau collégial et qui s'intéressent au domaine du handicap intellectuel.

Date limite: 1^{er} juillet 1991

Renseignements:

Association du Québec pour l'intégration sociale
3958, rue Dandurand
Montréal (Québec) H1X 1P7
(514) 725-7245

FONDATION CANADIENNE DES MALADIES DU COEUR

- Bourses pour personnel supérieur
- Bourses pour chercheurs invités

Date limite: 1^{er} septembre 1991

Renseignements:

Fondation canadienne des maladies du coeur
1, rue Nicholas
Bureau 1200
Ottawa (Ontario) K1N 7B7
(613) 237-4361

CONSEIL DES ARTS DU CANADA

- Prix commémoratifs Izaak-Walton-Killam

Un prix dans chacune des trois catégories suivantes: sciences naturelles, sciences de la santé et génie. Les prix rendent hommage à une carrière remarquable et à une contribution générale dans ces domaines.

Date limite: 30 juin 1991

- Bourses de recherche Killam

Pour permettre à un chercheur ou à une chercheuse de se libérer de son travail habituel afin d'entreprendre

une recherche indépendante dans l'un des secteurs suivants: sciences humaines, sciences sociales, sciences naturelles, sciences de la santé, génie et études unissant des disciplines de ces secteurs.

Date limite: 30 juin 1991

Renseignements:

Programme Killam
Conseil des arts du Canada
C.P. 12047
Ottawa (Ontario)
K1P 5V8
(613) 598-4310

INSTITUT QUÉBÉCOIS DE RECHERCHE SUR LA CULTURE

- Prix Edmond-de-Nevers

Décerné aux étudiants et étudiantes de 2^e et 3^e cycles ayant terminé un mémoire de maîtrise portant sur la cul-

ture. Ce prix vient souligner à la fois la qualité exceptionnelle d'un tel mémoire et son intérêt pour une meilleure connaissance de la société québécoise.

Date limite: 11 octobre 1991

Renseignements:

Prix Edmond-de-Nevers
Institut québécois de recherche sur la culture
14, rue Haldimand
Québec (Québec) G1R 2N4
(418) 643-4695

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC

• **Bourses d'études et de recherche dans le domaine du transport:** pour étudiants et étudiantes de 2^e et 3^e cycles.

Date limite: 15 novembre 1991

Renseignements:

Ministère des Transports du Québec
Direction de la recherche
700, boul. Saint-Cyrille Est
23^e étage
Place Hauteville
Québec (Québec) G1R 5H1
(418) 643-6355

SANTÉ ET BIEN-ÊTRE SOCIAL CANADA

Programme national de recherche et de développement en matière de santé du Centre fédéral sur le sida

• **Bourses de formation**
• **Bourses de carrière**
• **Demande de projet de recherches**
Date limite: 15 septembre 1991

Renseignements:

Direction des Programmes de recherche extra-muros
Direction générale des services et de la promotion de la santé
Santé et Bien-être social Canada
Ottawa (Ontario) K1A 1B4
(613) 954-8549



Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada / Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada

Chercheurs-boursiers en milieu industriel

1991-1992

Le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) offre un programme de chercheurs-boursiers en milieu industriel afin de donner à un certain nombre de chercheurs d'avenir en sciences naturelles ou en génie l'occasion de poursuivre leur carrière en recherche. Les bourses peuvent être détenues dans les industries canadiennes.

Admissibilité

Sont admissibles les citoyens canadiens ou les résidents permanents du Canada titulaires d'un doctorat en sciences naturelles ou en génie, et, de préférence, qui n'ont pas plus de cinq années d'expérience après l'obtention de leur doctorat.

Nature du poste

Les chercheurs-boursiers seront des employés de la société parraine pour toute la durée de leurs bourses. Ils travailleront à des activités de recherche et développement.

Durée du poste

Jusqu'à deux ans, sous réserve d'un rendement satisfaisant.

Rémunération

L'établissement industriel détermine le salaire qui est d'au moins 30 000 \$ par année; le CRSNG remboursera à la société 25 000 \$ par année pour le salaire du chercheur-boursier.

Modalités de demande

Le candidat doit communiquer avec l'établissement industriel de son choix pour entamer les pourparlers nécessaires au sujet du salaire, de la durée et des conditions de la bourse, du programme de recherche, etc. Les candidatures doivent être soumises au CRSNG par l'établissement industriel. Les demandes acheminées directement au CRSNG par les candidats ne seront pas acceptées.

Date limite

Aucune date limite. (Les concours ont lieu à tous les deux mois.)

Pour de plus amples renseignements, communiquer avec :

Programme de chercheurs-boursiers en milieu industriel
Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) K1A 1H5
(613) 996-2009

Canada

À SUIVRE

PAR JOCELYNE THIBAUT

MAI

14-16 mai

1^{re} Conférence canadienne sur la géotechnique environnementale, organisée par le Groupe géotechnique de Montréal et parrainée par la Société canadienne de géotechnique, à l'hôtel Bonaventure, à Montréal.

Renseignements:

Robert Denis ou Michel Marcotte
(514) 449-1234

15-17 mai

31^e Congrès annuel de la Société canadienne de science économique, à l'Université Laval, à Sainte-Foy.

Renseignements:

Jean-Thomas Bernard
SCSE
(418) 656-5123

16-17 mai

L'électrochimie et l'hydrogène au service de l'environnement, symposium organisé conjointement par le Conseil de l'industrie de l'hydrogène et la Société électrochimique, à l'hôtel Holiday Inn Crowne Plaza, à Montréal.

Renseignements:

Jean Dubé
Conseil de l'industrie de l'hydrogène
(514) 288-5139
Dominique L. Piron
École polytechnique de Montréal
(514) 340-4763

17 mai et 13 septembre

L'utilisation d'un nouvel outil d'évaluation en réadaptation: la mesure d'indépendance fonctionnelle (M.I.F.), journée de forma-

tion organisée par le Centre de formation en réadaptation du Québec, à l'Institut de réadaptation de Montréal.

Renseignements:

Pierrette Boivin
CFRQ
(514) 340-2089

21-24 mai

59^e Congrès de l'Association canadienne-française pour l'avancement des sciences, à l'Université de Sherbrooke.

Renseignements:

Secrétariat de l'Acfas
(514) 342-1411

22-24 mai

Les méthodes d'analyse des comportements de développements pour les années 1990, 6^e Conférence internationale sur les comportements de déplacements organisée par l'Association internationale des comportements de déplacements, au Château Bonne Entente, à Québec.

Renseignements:

AICD
(418) 643-6355

24-25 mai

Justice blanche/justice autochtone, colloque organisé par l'Institut interculturel de Montréal, au Centre Saint-Pierre à Montréal.

Renseignements:

Viiivi Jõemets
ou Agusti Nicolau
IIM
(514) 288-7229

30 mai

Structure urbaine des villes de Puebla et Tlaxcala. Conférencier: Gonzale Yanes-Diaz, dans le cadre des Conférences sur des questions urbaines dans le Tiers-

Monde, organisées par le Groupe interuniversitaire de Montréal, à l'Université McGill, à Montréal.

Renseignements:

Elena Pou-Madinaveitia
(514) 499-4058

30-31 mai

Les soins palliatifs au Québec, un nouvel élan, 1^{er} Congrès de l'Association québécoise de soins palliatifs organisé conjointement avec les 5^{es} Journées Michel-Sarrazin à l'Université Laval, à Sainte-Foy.

Renseignements:

Dolande Fortin
Maison Michel-Sarrazin
(418) 688-0878, poste 51

31 mai, 1^{er}-2 juin

Environnement, développement et nations autochtones, colloque organisé par l'Institut interculturel de Montréal, au Centre Saint-Pierre à Montréal.

Renseignements:

Viiivi Jõemets
ou Agusti Nicolau
IIM
(514) 288-7229

JUIN

2-6 juin

74^e Congrès canadien de chimie et exposition, organisé par la Société canadienne de chimie au Centre des conventions à Hamilton (Ontario).

Renseignements:

Institut de chimie du Canada
(613) 232-6252

4 juin et 2 juillet

Aperçu de UNIX, séminaire organisé par le Centre de recherche informatique de Montréal.

Renseignements:

CRIM
(514) 340-5700

4 juin et 2 juillet

Aperçu du système de fenêtre X, séminaire organisé par le Centre de recherche informatique de Montréal.

Renseignements:

CRIM
(514) 340-5700

5-6 juin

La science dans la société, symposium international organisé par le Conseil national de recherches du Canada, au Centre des congrès, à Ottawa.

Renseignements:

Services de conférences
CNRC
(613) 993-9009

6-7 juin

14^e Conférence technologique estivale de l'Association canadienne des producteurs de pâtes et papiers, au Manoir Richelieu à Pointe-au-Pic.

Renseignements:

Lucie Veilleux
ou Annie Robitaille
Section technique, ACPPP
(514) 866-6621

6 juin et 4 juillet

Aperçu des réseaux neuronaux, séminaire organisé par le Centre de recherche informatique de Montréal.

Renseignements:

(514) 340-5700

10-11 juin

8^e Colloque technique sur les déversements de produits chimiques, organisé par Environnement Canada, à l'hôtel Georgia, à Vancouver (Colombie-Britannique).

Renseignements:

Susan Clarke
Coordonnatrice des conférences
Centre de technologie
environnementale
de River Road
(613) 991-1573

11-14 juin

18^e Session de perfectionnement: «Réflexion, évolution, action», organisée par le Groupe des responsables en mathématique au secondaire, à Trois-Rivières.

Renseignements:

Jean-Louis Lebel
(418) 681-3869
GRMS
(514) 963-1211

11-14 juin

Le savoir-faire archiviste: rétrospectives et perspectives, XX^e Congrès de l'Association des archivistes du Québec, à l'Auberge Godefroy de Bécancour.

Renseignements:

René Beaulieu
(819) 295-3594

12-14 juin

14^e Colloque technique du Programme de lutte contre les déversements d'hydrocarbures en mer et dans l'Arctique, organisé par Environnement Canada, à l'hôtel Georgia, à Vancouver (Colombie-Britannique).

Renseignements:

Susan Clarke
Coordonnatrice des conférences
Centre de technologie
environnementale de River Road
(613) 991-1573

24-28 juin

XI^e Congrès de la Société internationale de mycologie humaine et animale, à l'hôtel Reine Elizabeth, à Montréal.

Renseignements:
Secrétariat du congrès
(514) 287-1070

JUILLET

3 juillet

Aperçu du génie logiciel, séminaire organisé par le Centre de recherche informatique de Montréal.

Renseignements:
CRIM
(514) 340-5700

3 juillet

Aperçu des systèmes experts, séminaire organisé par le Centre de recherche informatique de Montréal.

Renseignements:
CRIM
(514) 340-5700

4 juillet

Aperçu de la reconnaissance de la parole, séminaire organisé par le Centre de recherche informatique de Montréal.

Renseignements:
CRIM
(514) 340-5700

5 juillet

Aperçu des interfaces personne-machine, séminaire organisé par le Centre de recherche informatique de Montréal.

Renseignements:
CRIM
(514) 340-5700

AOÛT

10-17 août

Le froid sans frontières, XVIII^e Congrès international du froid organisé par Agriculture Canada, au Palais des congrès, à Montréal.

Renseignements:
Steve Bittner
(514) 773-1105

12-13 août

3^e Colloque provincial: «L'informatique dans l'enseignement des sciences et de l'ingénierie», organisé par le Département d'ingénierie de l'Université du Québec à Trois-Rivières.

Renseignements:
Jocelyn Drolet
UQTR
(819) 376-5070

22-24 août

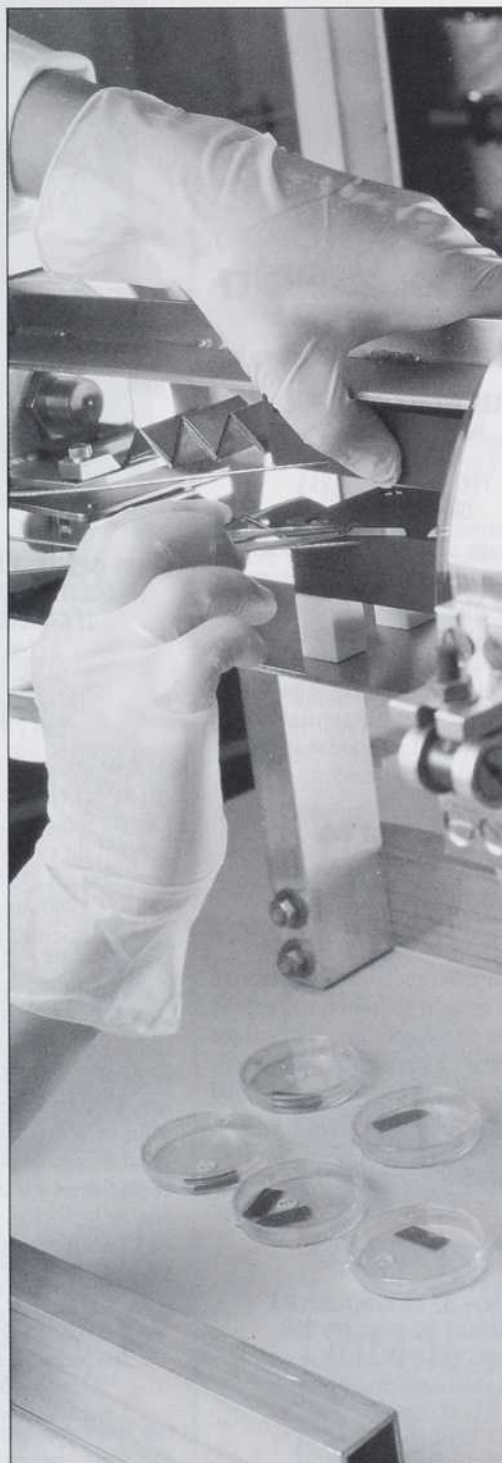
Conférence internationale sur la gestion des arts, organisée conjointement par le Groupe de recherche et de formation en gestion des arts et le Centre for Cultural Management, à l'École des hautes études commerciales à Montréal.

Renseignements:
François Colbert
HEC
(514) 340-6414

SEPTEMBRE

16-18 septembre

2^e Conférence internationale sur la réduction des eaux de drainage acides, organisée par le Programme de neutralisation des eaux de



INRS

INSTITUT NATIONAL
DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

20

LA FORCE DE LA SCIENCE

Énergie, ressources naturelles, santé, communications, urbanisation... des domaines où l'Institut national de la recherche scientifique excelle et offre une expertise diversifiée.

Reconnus internationalement pour le calibre de leurs travaux, les chercheurs des sept centres de l'INRS apportent une connaissance fondamentale et une vision multidisciplinaire des secteurs qu'ils étudient.

Orientées directement vers les enjeux actuels et futurs de la société, les recherches amènent les scientifiques de l'INRS à collaborer avec des gestionnaires et des entreprises dans le cadre de projets conjoints.

Les centres de recherche de l'INRS, sept champs de savoir et d'expertise:

- Énergie
- Géorressources
- Océanologie
- Santé
- Sciences de l'eau et de l'environnement
- Télécommunications
- Urbanisation

Renseignements:

Tél.: Québec (418) 654-2500



Université du Québec

drainage dans l'environnement minier (NEDEM), au Centre Sheraton à Montréal.

Renseignements:
Pamela Friedrich
CANMET
(613) 992-7782

23-26 septembre

Biotechnologies et environnement. Pour un développement durable, symposium organisé par l'Université de Montréal, à Montréal.

Renseignements:
Formation continue
Université de Montréal
(514) 343-5873

SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES

LES JEUNES DE LA RUE

Marquerite Michelle Côté

Les Éditions Liber

1991, 182 pages, 17,95 \$

ISBN 2-9802019-2-8

Cet ouvrage constitue le résultat de plus de deux ans de travail avec les jeunes de la rue de Montréal, où la réalité n'est pas noyée sous une masse de statistiques et d'anecdotes. L'auteure brosse un portrait général de ces jeunes. Elle pose des questions essentielles qui s'adressent autant aux pouvoirs publics qu'à la population en général.

LA TERRE ET MOI

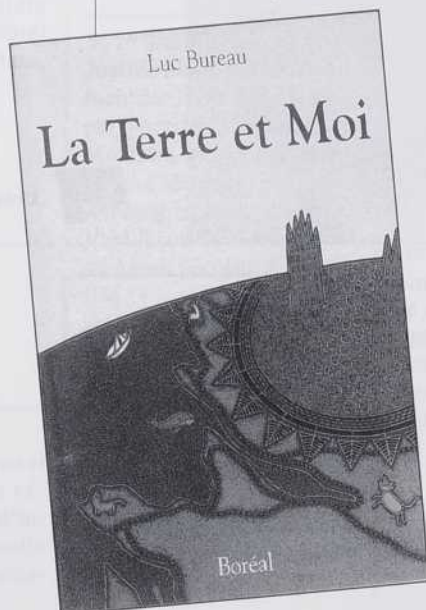
Luc Bureau

Les Éditions du Boréal

1991, 273 pages, 24,95 \$

ISBN 2-89052-377-2

Dans cet ouvrage, l'auteur met en veillesse ce qu'il est convenu d'appeler les règles de l'objectivité scientifique pour affirmer toute la part de subjectivité qui entre dans notre découverte du milieu physique. Il cherche à comprendre comment nous intériorisons et remodelons le réel, au gré de la mémoire et de l'imagination.



LES ORIGINES DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE AU CANADA LE CAS DES PHYSICIENS

Yves Gingras

Les Éditions du Boréal

1991, 300 pages, 24,95 \$

ISBN 2-89052-359-4

Afin de mieux faire comprendre le débat actuel concernant cette question, l'auteur montre dans cet ouvrage, en se servant du cas type des physiciens, comment on a créé au Canada, entre 1850 et 1960, une structure de la recherche scientifique qui s'appuie sur les universités. Son propos l'amène à établir des liens entre des secteurs souvent étudiés séparément par les historiens: l'émergence de l'enseignement du génie, la modification des programmes d'enseignement, la création de diplômes d'études supérieures et de programmes de bourses aux étudiants et étudiantes, ou la création et l'évolution de la Société royale du Canada et du Conseil national de recherches du Canada.

HISTOIRE D'UN GÉNÔME

Sous la direction de Gérard Bouchard

et Marc De Braekeller

Presses de l'Université du Québec

1991, 607 pages, 75 \$

ISBN 2-7605-0599-5

Par le biais d'enquêtes historiques et démographiques, les auteurs de cet ouvrage révèlent l'origine des maladies héréditaires, leur fréquence et leur mode de diffusion. Adoptant ensuite une perspective d'épidémiologie génétique, ils proposent des voies nouvelles pour contribuer à leur prévention, dans le respect des normes juridiques et éthiques. Cet ouvrage s'adresse à un public scientifique très étendu.

L'AVENIR AUTREMENT

Michel Godet

Éditions Armand Colin

1991, 208 pages, 105 F.

ISBN 2-200-37246-9

Ce livre traite à la fois de l'évolution de la société globale, de la stratégie et du management des entreprises. De plus, le lecteur y trouvera des armes pour éviter les erreurs de prévisions et chasser les idées reçues non fondées. Il se veut un message d'espoir pour toutes les personnes qui désirent prendre leur destin en main.

ÉVALUATION DES SOURCES DE LA CROISSANCE ÉCONOMIQUE AU CANADA

Hadji Benyahia

Gaëtan Morin Éditeur

1991, 267 pages, 35 \$

ISBN 2-89105-340-0

Ce livre constitue la première évaluation systématique des sources de la croissance économique du Canada au cours des deux dernières décennies. En effet, l'auteur ne se contente pas d'y décrire la croissance; il va plus loin en mesurant la contribution des principaux facteurs de production et de productivité à la croissance canadienne. De plus, l'auteur examine les formes nouvelles de la croissance et de la productivité grâce à une analyse du degré d'information de l'économie canadienne.

INVENTAIRE DES REGISTRES CATHOLIQUES DU QUÉBEC 1621-1876

Pauline Bélanger et Yves Landry
Avec la collaboration de René Jetté

Les Presses de l'Université de Montréal

1991, 350 pages, 42 \$

ISBN 2-7606-1526-X

Établir l'inventaire précis et détaillé des registres de baptêmes, mariages, sépultures des quelque 600 paroisses catholiques ouvertes au Québec avant 1877, tel est l'objectif de cet ouvrage indispensable aux historiens, généalogistes et archivistes qui fréquentent les registres paroissiaux anciens du Québec. Outil essentiel pour se retrouver dans cette masse de données, conservées aussi bien dans les archives ecclésiastiques que dans les archives civiles et maintenant offertes sous forme de microfilms, il permet également de dresser un bilan

des lacunes décelables par la discontinuité des séries et de raccorder des actes consignés dans des registres différents mais concernant une même paroisse.

LA SITUATION DÉMOGRAPHIQUE AU QUÉBEC ÉDITION 1990

Louis Duchesne

Les Publications du Québec

Collection «Statistiques démographiques»

1991, 234 pages, 24,95 \$

ISBN 2-551-14454-X

Cette publication donne accès aux principales statistiques relatives à la population et aux comportements démographiques du Québec au cours de 1988 et 1989. De plus, cette analyse permet de comparer la situation démographique du Québec à la situation internationale et de situer les principaux événements dans leur évolution historique. On y traite aussi de sujets particuliers comme les causes de décès, les naissances hors mariage, les unions libres, les mariages civils et les pays d'origine des immigrants. Pour plus de renseignements, téléphoner aux Publications du Québec (sans frais) au 1-800-463-2100.

LA PARTICIPATION POLITIQUE: LEÇON DES DERNIÈRES DÉCENNIES

Sous la direction de Jacques T. Godbout

Institut québécois de recherche sur la culture (IQRC)

Collection «Questions de culture»

1991, 305 pages, 25 \$

ISBN 2-89224-153-7

Ce volume envisage le présent et l'avenir de la participation dans une démocratie représentative. Il permet de faire le point sur la participation, d'en apprécier les limites et les avantages. Complété par une bibliographie sélective des écrits québécois sur la participation, il ouvre de nouvelles perspectives de réflexion aux praticiens du pouvoir ainsi qu'aux professeurs et aux chercheurs en sciences sociales.



FAMILLE INADAPTATION ET INTERVENTION

Sous la direction de Marc A. Provost

et Richard E. Tremblay

Éditions Agence d'Arc

Les Presses universitaires de Nancy

1991, 195 pages, 24 \$

ISBN 2-89022-225-X

(Éditions Agence d'Arc)

(Presses universitaires de Nancy)

ISBN 2-86480-477-8

Ce volume est un recueil de textes issus d'une rencontre entre les auteurs lors d'un séminaire à l'Université de Paris X (Nanterre). Ce séminaire abordait le problème de la reproduction de l'inadaptation psychosociale et des moyens de la prévenir. L'ouvrage illustre la complexité du réseau de variables qui influencent directement ou indirectement le développement des inadaptations sociales. En outre, les divers chapitres mettent souvent l'accent sur le besoin de recherches ultérieures qui sauront combiner les aspects théoriques et cliniques dans le cadre d'une approche écologique.

JULIETTE, GEORGES ET LES AUTRES VIEILLIR À DOMICILE

Daphne Nahmias et Frédéric Lesemann

avec la collaboration de Sonia Ananda

Éditions Saint-Martin

1991, 196 pages, 18,95 \$

ISBN 2-89035-175-0

Ce livre met en scène, à travers des personnages aussi bien réels que fictifs, une expérience passionnante et passionnée d'organisation de services de soutien à domicile qui s'est déroulée entre 1977 et 1988 dans un centre local de services communautaires (CLSC) du centre-ville de Montréal. Intervenants, gestionnaires, formateurs, bénévoles, personnes âgées, mais aussi familles concernées par la prise en charge des personnes âgées dépendantes, trouveront dans ce récit une source de réflexion et d'inspiration.

ÉTUDES FÉMINISTES

LA CRÉATION MUSICALE DES FEMMES AU QUÉBEC

Marie-Thérèse Lefebvre

Les éditions du remue-ménage

1991, 148 pages, 18,95 \$

ISBN 2-89091-102-0

Cet ouvrage nous fait découvrir un volet encore ignoré de notre histoire, soit la reconnaissance des femmes dans le domaine de la composition musicale, et ce, depuis l'apport des communautés religieuses en Nouvelle-France jusqu'aux expérimentations électro-acoustiques des 20 dernières années, du phénomène culturel de la musique de salon au début du siècle aux performances multimédias de nos contemporaines...



ANTHOLOGIE DE LA POÉSIE DES FEMMES AU QUÉBEC

Nicole Brossard et Lisette Girouard

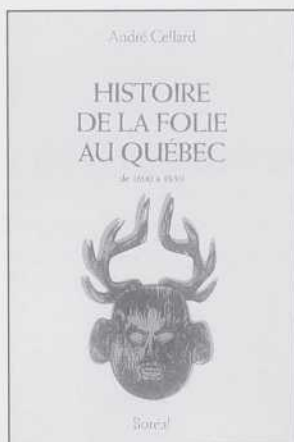
Les éditions du remue-ménage

1991, 379 pages, 25,95 \$

ISBN 2-89091-100-4

Voici la première anthologie de la poésie des femmes au Québec. Cet ouvrage réunit des textes de 128 de nos meilleures poètes. À travers plus de 500 poèmes, l'anthologie retrace le parcours individuel et collectif de ces femmes dont les voix révélatrices ont influencé et continuent d'influencer le cours de notre histoire littéraire. Un livre indispensable à toutes les personnes qui aiment la poésie.





PSYCHOLOGIE, SEXOLOGIE

HISTOIRE DE LA FOLIE AU QUÉBEC DE 1600 À 1850

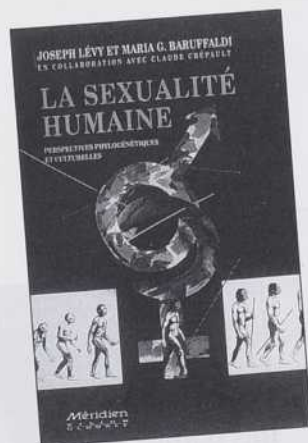
André Cellard
Les Éditions du Boréal
1991, 280 pages, 24,95 \$
ISBN 2-89052-355-1

L'auteur trace ici un portrait fouillé de la maladie mentale au Québec au cours des XVII^e, XVIII^e et XIX^e siècles, de ses symptômes, de sa représentation sociale, de ses causes et de son contrôle. Cet ouvrage propose une analyse des divers facteurs qui ont façonné la représentation sociale de la maladie mentale et qui ont motivé les comportements à l'égard des fous jusqu'à la «solution finale»: l'enfermement.

LA SEXUALITÉ HUMAINE PERSPECTIVES PHYLOGÉNÉTIQUES ET CULTURELLES

Joseph Lévy et Maria G. Baruffaldi
en collaboration avec Claude Crépault
Éditions du Méridien
Collection «Vision globale»
1991, 296 pages, 24,95 \$
ISBN 2-89415-033-4

Ce livre vise, d'une part, à situer la sexualité par rapport à celle des espèces qui lui sont le plus apparentées et à montrer comment elle peut être considérée à certains égards comme le prolongement de la sexualité animale et à d'autres, comme tout à fait distincte, voire même de nature différente. D'autre part, cet ouvrage vise à montrer la variabilité des modes d'expression sexuelle chez l'être humain à partir de l'approche transculturelle. L'intégration de ces deux optiques aidera à mieux comprendre les fondements de la sexualité humaine.



L'AGRESSION SEXUELLE PERSPECTIVES CONTEMPORAINES

Sous la direction de Henri Cohen
Éditions du Méridien
Collection «Étude du comportement»
1991, 340 pages, 29,95 \$
ISBN 2-89415-014-8

Les auteurs veulent donner une vue d'ensemble du phénomène de l'agression sexuelle qui allie plusieurs perspectives: anthropologique, sociologique, physiologique, psychologique, légale, politique et philosophique. Ils désirent également faire l'évaluation critique des études et interventions effectuées dans ces divers domaines et de leurs applications dans des situations concrètes.

L'AUTISME AU QUOTIDIEN

Catherine Milcent
Éditions Odile Jacob
1991, 192 pages, 24,95 \$
ISBN 2-7381-0111-9

Extrêmement documenté, délibérément pratique mais aussi très humain, ce livre s'adresse aux dizaines de milliers de familles qui vivent l'autisme au quotidien. Redressant les idées fausses, pourfendant les légendes culpabilisantes pour les familles, l'auteure présente un état de connaissances sur «l'autisme au fil du temps». Tous les aspects de la recherche y sont abordés, ainsi que les modalités d'éducation et d'apprentissage.

LE PERFECTIONNEMENT DE SOI

France L'Écuyer-Sabino
Éditions Agence d'Arc
1991, 237 pages, 30 \$
ISBN 2-89022-226-8

Cet ouvrage nous livre le résultat des expériences de l'auteure, intéressée par toutes les questions qui touchent le développement humain et la capacité de croissance des individus, de ses observations et de ses réflexions sur la dynamique des relations de l'être avec l'univers vivant qui le contient et qui l'entoure.

LA GESTION DU STRESS

Denis Boucher
Éditions Agence d'Arc
1990, 99 pages, 18 \$
ISBN 2-89022-214-4

Ce livre propose l'exploration d'une nouvelle attitude face à la gestion du stress. Aucune forme de pratique n'y est dictée, aucun pouvoir extérieur n'y est abordé. Le seul lieu où vous pouvez puiser la force de vous libérer de votre stress se situe à l'intérieur de vous. Cet ouvrage vous permet d'élargir votre ouverture d'esprit face à ce malaise et vous oblige, en définitive, à élaborer la meilleure approche de la gestion du stress: celle qui sera créée par vous-même et pour vous-même.



COMPRENDRE ET PRÉVENIR LE BURNOUT

Claude Gervais
Éditions Agence d'Arc
1991, 214 pages, 32 \$
ISBN 2-89022-233-0

Dans cet ouvrage à la fois théorique et clinique, l'auteur offre une perspective globale du processus menant à l'épuisement professionnel, pour qui n'a pu s'adapter aux inévitables problèmes rencontrés en milieu de travail. Le livre contient une brève introduction visant à définir le concept, l'analyse des facteurs qui augmentent la vulnérabilité individuelle aux frustrations du travail, une description des sources de tensions le plus souvent observées en milieu professionnel et les étapes typiques de l'évolution vers le «burnout».

SOINS ET PLACEMENT EN FAMILLE D'ACCUEIL

Dr Pierre Sans
Presses universitaires de Nancy
Éditions Agence d'Arc
1991, 346 pages, 37 \$
ISBN 2-89022-218-7
(Éditions Agence d'Arc)
(Presses universitaires de Nancy)
ISBN 2-86480-478-6

Cet ouvrage se veut une synthèse des différentes formes de placement familial, à travers les âges et le monde. Les travailleurs sociaux, les psychiatres et les psychologues, les étudiants et les chercheurs trouveront bénéfice à la lecture de l'ouvrage étant donné ses chapitres théoriques et sa bibliographie internationale. Les administrateurs pourront y saisir la complexité des enjeux. Les familles d'accueil, grâce à son approche concrète, y puiseront des motifs de reconnaissance de leur profession ainsi que des éléments de réflexion sur leur pratique et leur vécu.

LE DÉVELOPPEMENT SOCIAL DES ENFANTS

Sous la direction de Marc A. Provost
Éditions Agence d'Arc
1990, 339 pages, 32 \$
ISBN 2-89022-217-9

Cet ouvrage est une tentative de synthèse des connaissances actuelles dans le domaine de la socialisation chez les enfants. Chaque auteur a choisi un thème particulier qu'il présente, analyse et critique pour en faire une synthèse et donner son avis sur l'état des recherches. Rédigé dans un langage clair, ce livre propose aux éducateurs et aux parents une approche psychologique fondée sur l'attention et la compréhension.

LINGUISTIQUE, LITTÉRATURE

INTRODUCTION À LA TERMINOLOGIE DEUXIÈME ÉDITION

Guy Rondeau
Gaëtan Morin Éditeur
1991, 238 pages, 36 \$
ISBN 2-89105-137-8

Cet ouvrage constitue une introduction qui s'adresse davantage aux étudiants ainsi qu'aux professeurs de terminologie, terminologues, traducteurs, professeurs de langues de spécialité (lsp), aux rédacteurs de manuels techniques, etc. Il regroupe et classe des informations qui se trouvent dispersées dans de nombreux documents, et encore, en plusieurs langues, et y ajoute les réflexions d'un linguiste qui s'intéresse aux questions terminologiques depuis plus de 10 ans.



Chaire Philip Fisher de service social

L'École de service social de l'Université McGill est à la recherche de candidats pour la chaire Philip Fisher de service social.

L'École offre des programmes de premier cycle (BSW) et de deuxième cycle (MSW) et elle est en voie d'adopter un programme de doctorat. Les programmes d'études embrassent la pratique, l'administration et les politiques dans toute une gamme de spécialités. Dans tous les programmes, le caractère multiculturel et multiracial de l'École est mis en relief. L'École compte également en son sein le Centre d'études appliquées sur la famille, centre de recherche doté d'un directeur à plein temps.

Le candidat retenu sera engagé au rang de professeur titulaire. Les candidats doivent être titulaires d'un grade en service social et d'un doctorat en service social ou dans une discipline connexe et avoir à leur actif un excellent palmarès en matière d'enseignement, de recherche et de publications. La maîtrise du français constitue un atout indéniable.

Renseignements: Monsieur Frank McGilly, directeur, École de service social, Université McGill, 3506, rue University, Montréal (Québec), Canada H3A 2A7

La procédure de sélection ne commencera que le 1er juin 1991. Les candidatures seront toutefois reçues jusqu'à ce que le choix soit fait.

Conformément à la législation canadienne en matière d'immigration, cette annonce s'adresse au premier chef aux citoyens canadiens ou aux résidents permanents.

PARAFEN, DU MOT À LA PHRASE

Alain Stiévenart
Modulo Éditeur
1990, 184 pages, 14,95 \$
ISBN 2-89113-217-3

Cet ouvrage, rédigé à partir d'un ensemble expérimenté pendant plusieurs années dans un Centre d'aide en français (CAF), permettra aux étudiants et étudiantes de réviser l'essentiel du code grammatical en progressant à leur propre rythme, selon leurs propres besoins. Conçu tout spécialement pour le réapprentissage du français écrit au collégial, ce livre intéressera aussi toutes les personnes qui désirent renforcer leurs connaissances du français, soit pour préparer un examen d'admission à l'université, soit pour augmenter leur compétence au travail (secrétariat, rédaction, bureautique, etc.).

TRAVERSES

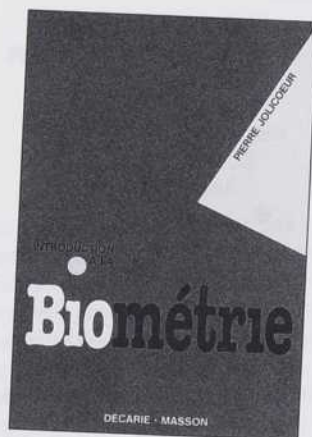
Jacques Allard
Les Éditions du Boréal
Collection «Papiers collés»
1991, 214 pages, 19,95 \$
ISBN 2-89052-396-9

Cet ouvrage regroupe une série d'essais initiatiques destinés à bien faire comprendre les idéologies sous-jacentes à la naissance et au développement d'une critique littéraire au Québec, du début du XX^e siècle jusqu'à aujourd'hui. Par l'abondance des illustrations et des sources bibliographiques, ce livre constitue un outil de référence inégalé pour quiconque s'intéresse à la littérature québécoise. Complété par un index des noms cités, on y retrouve les grands noms de notre littérature, et de ceux et celles qui l'ont fait connaître.

SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES**GÉOLOGIE DE LA MARGE CONTINENTALE DE L'EST DU CANADA SÉRIE «GÉOLOGIE DU CANADA»**

M.J. Keen et G.L. Williams
Énergie, Mines et Ressources Canada
1990, 914 pages, 70 \$
ISBN 0-660-13130-7

Cet ouvrage représente la synthèse géologique complète et détaillée de la région du banc de Georges au détroit de Nares, qui s'étend sur presque la moitié de la distance comprise entre le pôle et l'équateur. Il contient 855 pages de textes, 466 illustrations agrémentées de légendes, un coffret de huit cartes à l'échelle de 1/5 000 000 et neuf figures en pochette. Pour plus de renseignements, s'adresser à: Commission géologique du Canada, 601, rue Booth, Ottawa (Ontario) K1A 0E8, tél.: (613) 995-4342.

**INTRODUCTION À LA BIOMÉTRIE**

Pierre Jolicoeur
Décarie-Masson Éditeur
1991, 304 pages, 34,50 \$
ISBN 2-98137-120-8

Cet ouvrage s'adresse aux universitaires du premier cycle ainsi qu'aux biologistes désireux de raffermir leur connaissance de la statistique biologique. Tout en couvrant un spectre étendu de méthodes statistiques, ce volume fait une place aussi large que possible à la compréhension, afin de permettre au lecteur ou à la lectrice de développer graduellement son autonomie. Illustré par de nombreuses figures originales ainsi que par des exemples fondés sur des données authentiques et qui touchent à des domaines très divers, cet ouvrage est complété par une collection des tables statistiques les plus utilisées en biométrie.

ÉLECTROTECHNIQUE DEUXIÈME ÉDITION

Théodore Wildi
Les Presses de l'Université Laval
1991, 908 pages, 49 \$
ISBN 2-7637-7248-X

Cet ouvrage présente une vue d'ensemble de l'électronique moderne. Il explique, au fil des 48 chapitres, les lois de l'électricité, la résolution des circuits, le fonctionnement et les principes des machines, les principes de l'électronique de puissance de même que les systèmes d'entraînement, la production, le transport et la distribution de l'énergie électrique. La matière présentée ne fait appel qu'à des connaissances scientifiques élémentaires. Ce volume s'adresse d'abord aux étudiantes et étudiants inscrits au cégep ou à l'université. Il constitue également une source de références précieuse pour les électriciens et les ingénieurs.

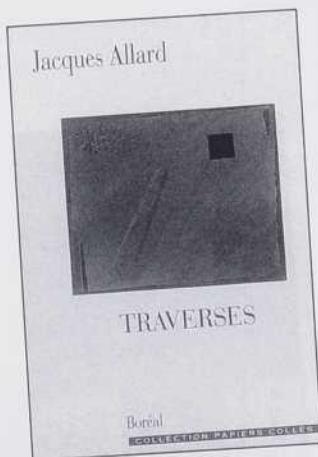
SCIENCES DE LA SANTÉ**L'A B C DE LA RÉANIMATION CARDIO-RESPIRATOIRE**

Jean-Luc Beaumont
Gaëtan Morin Éditeur
1991, 146 pages, 15 \$
ISBN 2-89105-395-8

Adapté aux normes nord-américaines, ce volume est conçu pour l'enseignement des soins immédiats en réanimation cardio-respiratoire. L'auteur y définit point par point la réanimation et traite de son aspect légal. Un rappel anatomique est également fourni. On aborde des éléments tels que la mort subite, le dégagement des voies respiratoires, la réanimation cardio-respiratoire de l'adulte, de l'enfant et du nouveau-né.

ARTHRITE ET RHUMATISME DEUXIÈME ÉDITION

Collection «L'omnipraticien»
Guise Vaillancourt
Éditions Vigot, Les Presses de l'Université de Montréal
1991, 213 pages, 23 \$
ISBN 2-7606-1534-0 (PUM)
ISBN 2-7114-0930-8 (Vigot)



L'auteur a tenté de regrouper dans cet ouvrage l'essentiel de la rhumatologie. Le livre contient les éléments nécessaires au traitement des personnes atteintes d'arthrite et s'adresse aux praticiens, qu'ils soient internistes généraux, médecins de famille ou omnipraticiens ainsi qu'aux étudiants et étudiantes. Ce traité n'est pas un manuel de rhumatologie mais s'identifie davantage aux «abrégés» français ou aux *Essentials* américains.

LA MALADIE D'ALZHEIMER AU QUOTIDIEN

Hubert Aupetit

Éditions Odile Jacob
1991, 192 pages, 24,95 \$
ISBN 2-7381-0110-0

L'auteur de ce volume a recueilli de nombreux témoignages qui permettent de cerner au plus près la maladie. Il expose les aspects scientifiques les plus récents et les espoirs qu'ils permettent.

ALLAITEMENT MATERNEL ET ALIMENTATION DE L'ENFANT DE 0 À 1 AN

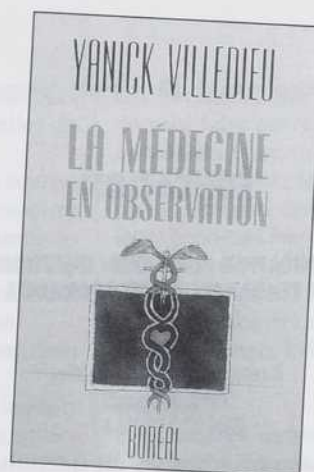
Éditions Agence d'Arc
1991, 451 pages, 48 \$
ISBN 2-89022-219-5

Ce collectif est un manuel d'information à l'intention des professionnels de la santé et des autres intervenants concernés. Il traite particulièrement des différents aspects de l'allaitement, qu'ils soient d'ordre biochimique, physiologique, nutritionnel ou pratique, ainsi que des préparations commerciales de laits, régulières et thérapeutiques, des différentes variétés de lait mises au point ainsi que de l'introduction des aliments autres que le lait. La dernière partie couvre la prévention de certains problèmes reliés à l'alimentation du jeune enfant.

LA MÉDECINE EN OBSERVATION

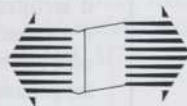
Yanick Villedieu

Les Éditions du Boréal
1991, 304 pages, 25,95 \$
ISBN 2-89052-400-0



Ce livre est un recueil d'articles publiés pour la grande majorité dans *L'Actualité* où l'auteur dresse un bilan de santé minutieux de la médecine contemporaine. En observateur aguerri, il nous parle des victoires de la médecine, de ses échecs, de ses défis et des problèmes d'éthique auxquels elle doit de plus en plus faire face. En vulgarisateur habile, il utilise des termes toujours simples, clairs et concis.

Le Diffuseur G. Vermette Inc.



1501, rue Ampère, C.P. 85
Boucherville, Québec
J4B 5E6

ACFAS 91
KIOSQUES
6 et 7

Informatique — Gestion — Administration — Marketing — Management — Économie — Économie internationale — Sciences Humaines — Sociologie — Littérature — Histoire — Dictionnaire — Formation professionnelle — Situation financière des pays du Tiers-Monde — Comptabilité

MAISONS D'ÉDITION DISTRIBUÉES

Les ÉDITIONS G. VERMETTE
Spécialistes en informatique
ÉDITIONS D'ORGANISATION
ÉDITIONS ECONOMICA
AFNOR (Ass. Française de normalisation)
B.I.T. (Bureau International du travail)
ÉDITIONS DE L'UNIVERSITÉ DE BRUXELLES
FONDS MONÉTAIRE INTERNATIONAL
HARMATTAN

BANQUE MONDIALE
C.I.D. (Centre interinstitutionnel de publications
en sciences humaines)
MAISON DU DICTIONNAIRE
KARTHALA
O.N.U. (Organisation des Nations Unies)
PRESSES UNIVERSITAIRES DE BORDEAUX
PRESSES UNIVERSITAIRES DE LYON
VUIBERT

Venez découvrir le « COMPLIT » sur Lotus 1-2-3

ÉDUCATION

L'ÉDUCATION COMPARÉE: QUESTIONS ET TENDANCES CONTEMPORAINES

Édité par W.D. Halls
Unesco
Bureau international d'éducation
1990, 353 pages
ISBN 92-3-202564-7

Cet ouvrage, rédigé par des spécialistes s'occupant de divers aspects du domaine des sciences théoriques et appliquées, sera un outil pour les personnes qui se consacrent à l'éducation en général et à l'éducation comparée en particulier, tout en servant de référence aux enseignants et aux chercheurs. On y traite des origines et de l'évolution de l'éducation comparée, puis des tendances et des problèmes actuels la concernant ainsi que de l'influence nationale et internationale de ses infrastructures.

SIMULATION ET JEU DE SIMULATION OUTILS ÉDUCATIFS APPLIQUÉS À LA SANTÉ

Lise Renaud et Louise Sauvé
Éditions Agence d'Arc
1991, 304 pages, 38 \$
ISBN 2-89022-210-2

Ce livre s'adresse aux intervenants et aux éducateurs qui cherchent à diversifier leurs moyens d'action, et qui tentent de procurer aux individus ou aux groupes des expériences d'apprentissage qui soient immédiates et vivantes. On y examine les possibilités d'application des simulations et des jeux de simulation en éducation et en éducation sanitaire, on évalue leur efficacité et on identifie leurs avantages et leurs limites. Le livre décrit le comment faire. De plus, des conseils pratiques sont donnés pour sélectionner et créer ces outils. Finalement, on présente des façons dynamiques et originales d'animer une simulation ou un jeu de simulation.

DIVERS

L'AFFAIRE GERALD BULL, LES CANONS DE L'APOCALYPSE

Normand Lester
Les Éditions du Méridien
1991, 215 pages, 19,95 \$
ISBN 2-89415-036-9

L'affaire Gerald Bull: un scientifique génial et égocentrique ayant fait carrière au Québec est assassiné en rentrant chez lui à Bruxelles. Quelques semaines plus tard, des douaniers saisissent dans un port brumeux du nord de l'Angleterre des tubes géants destinés à la construction en Irak du plus gros canon de l'histoire. Un canon capable de lancer des satellites ou de tirer des obus-fusées à des milliers de kilomètres.

DEVIS D'EXÉCUTION DU BÂTIMENT

Michel L. Saint-Pierre
Modulo Éditeur
1991, 163 pages, 18 \$
ISBN 2-89113-275-0

Comment les bons rédacteurs de devis s'y prennent-ils pour préparer leurs documents? C'est ce que cet ouvrage entend montrer. Avant tout destiné aux étudiants et étudiantes de Technologie d'architecture inscrits au cours Devis d'architecture, ce livre sera également utile aux rédacteurs débutants et à toutes les personnes qui, sans être rédactrices, ont à consulter ou à interpréter les documents du contrat de construction.

Notre force: notre matière grise

La matière grise de Lafarge, c'est à la fois ses produits, sa technologie et ses ressources humaines.

Son originalité tient au dynamisme et à la créativité de ses employés dans la recherche de l'excellence.

Lafarge, c'est aussi une tradition longue de plus de 80 ans en Amérique et qui lui a valu une réputation qui n'a d'égale que sa détermination face à l'avenir.



**Lafarge
Canada Inc.**

606 Cathcart, Montréal
(Québec), H3B 1L7

CHERCHEURS RECHERCHÉS

PAR JOCELYNE THIBAUT

Conformément aux exigences prescrites en matière d'immigration au Canada, la priorité sera accordée, pour ces emplois, aux citoyens canadiens et aux résidents permanents. Ces postes sont ouverts aux femmes ainsi qu'aux hommes.

UNIVERSITÉ DE MONTREAL

DÉPARTEMENT DE PATHOLOGIE

CHERCHEUR, CHERCHEUSE

Le Département de pathologie de la Faculté de médecine offre un poste à une personne qui consacrera l'essentiel de son temps à la recherche et à l'enseignement supérieur en neurocytologie moléculaire.

Fonctions: conduite d'un programme de recherche indépendant et d'envergure; encadrement d'étudiants diplômés, charges restreintes d'enseignement en français aux divers cycles, sur des sujets complémentaires de ceux déjà enseignés au département.

Exigences: doctorat dans un domaine pertinent et deux ou trois années d'études postdoctorales. La personne retenue aura fait la preuve de sa productivité en recherche, et l'on s'attend à ce qu'elle soumette des demandes de bourse salariale et de fonds de fonctionnement aux organismes subventionnaires. Les dossiers seront jugés au mérite, en tenant compte de leur complémentarité par rapport aux thèmes de recherche déjà représentés dans l'axe de

neurocytologie moléculaire du département: neurocytologie chimique des systèmes aminergiques centraux, plasticité et régénération neuronale dans le système nerveux central, synaptogénèse et synaptologie du cortex cérébral. On privilégiera une compétence particulière dans le domaine de la neurobiologie cellulaire et moléculaire, en ce qui a trait notamment à la localisation ultrastructurale des récepteurs des transmetteurs.

Traitement: selon la convention collective

Date d'entrée en fonction: 1^{er} juin 1992

Les personnes intéressées devront transmettre leur curriculum vitae accompagné de deux exemplaires de cinq tirés à part ou copies d'articles sous presse les plus significatifs, et faire acheminer par trois répondants autant de lettres de recommandation, le tout avant le 1^{er} juin 1991 à: Jean Michaud
Directeur
Département de pathologie
Université de Montréal
C.P. 6128, succursale A
Montréal (Québec)
H3C 3J7

DÉPARTEMENT D'ANTHROPOLOGIE

PROFESSEUR, PROFESSEURE

Le Département d'anthropologie de la Faculté des arts et des sciences cherche une ou un anthropo-biologiste à plein temps avec spécialisation dans l'étude des bases évolutives du comportement humain.

Fonctions: dans une perspective interdisciplinaire, assurer l'enseignement et la recherche dans le domaine de l'inté-

gration des bases génétiques et des bases culturelles du comportement.

Exigences: Ph.D. ou équivalent, compétence démontrée pour la réflexion interdisciplinaire, expérience dans l'enseignement universitaire, dossier de publications.

Date d'entrée en fonction: 1^{er} juin 1992

Traitement: selon les normes de la convention collective

Les personnes intéressées doivent faire parvenir leur curriculum vitae, une copie de leurs diplômes, des tirés à part de leurs publications, une lettre décrivant leur orientation de carrière en enseignement et recherche, trois lettres de recommandation, avant le 15 mars 1992 à:

Gilles Bibeau
Directeur
Département d'anthropologie
Université de Montréal
C.P. 6128, succursale A
Montréal (Québec)
H3C 3J7

DÉPARTEMENT D'ÉTUDES CLASSIQUES ET MÉDIEVALES

PROFESSEUR, PROFESSEURE

Le Département d'études classiques et médiévales de la Faculté des arts et des sciences cherche un ou une paléographe avec spécialisation en codicologie et édition de textes médiévaux.

LE CAMPUS MACDONALD



de l'Université McGill



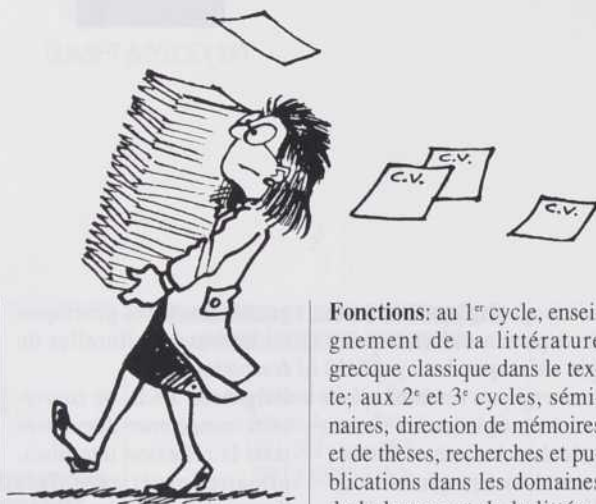
BACCALAURÉAT
MAÎTRISE
DOCTORAT



INFORMATION :

(514) 398-7928

ALIMENTATION



Fonctions: au 1^{er} cycle, enseignement de la paléographie, de la diplomatique et de l'épigraphie médiévales; aux 2^e et 3^e cycles, séminaires en codicologie et édition de textes, direction de mémoires et de thèses, recherches et publications dans ces domaines. Contribution au rayonnement du département.

Exigences: doctorat en études médiévales, avec formation spécialisée en paléographie et édition de textes médiévaux; dossier de publications scientifiques dans ces domaines. Une expérience pédagogique de niveau universitaire serait souhaitable.

Traitement: selon la convention collective

Date d'entrée en fonction: 1^{er} juin 1992

Les personnes intéressées doivent transmettre leur curriculum vitae, des exemplaires de leurs publications et trois lettres de recommandation de spécialistes reconnus dans leur discipline, **avant le 1^{er} juin 1991** à:

Claude Sutto
Directeur
Département d'études classiques et médiévales
Université de Montréal
C.P. 6128, succursale A
Montréal (Québec)
H3C 3J7

PROFESSEUR, PROFESSEURE

Le Département d'études classiques et médiévales de la Faculté des arts et des sciences cherche un ou une helléniste avec spécialisation en langue et littérature grecques d'époque classique (Grèce antique).

Fonctions: au 1^{er} cycle, enseignement de la littérature grecque classique dans le texte; aux 2^e et 3^e cycles, séminaires, direction de mémoires et de thèses, recherches et publications dans les domaines de la langue et de la littérature grecques de l'Antiquité, contribution au rayonnement des études classiques.

Exigences: doctorat en études classiques, avec sujet de recherche en langue et littérature grecques de l'Antiquité, dossier de publications scientifiques dans ces domaines. Une expérience pédagogique de niveau collégial ou universitaire serait souhaitable.

Traitement: selon la convention collective

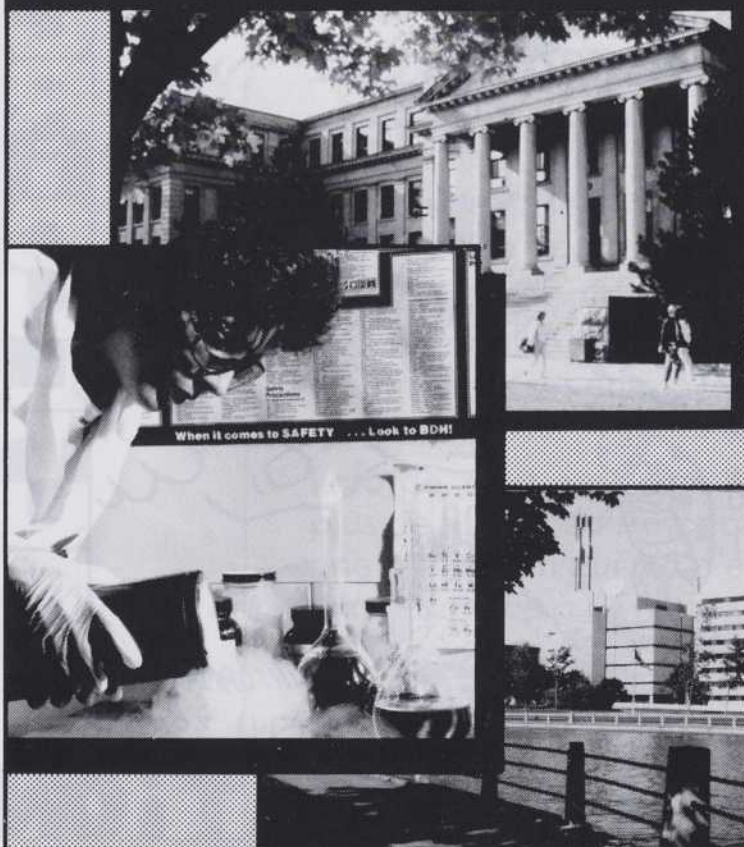
Date d'entrée en fonction: 1^{er} juin 1992

Les personnes intéressées doivent transmettre leur curriculum vitae, des exemplaires de leurs publications et trois lettres de recommandation de spécialistes reconnus dans leur discipline, **avant le 30 juin 1991** à:

Claude Sutto
Directeur
Département d'études classiques et médiévales
Université de Montréal
C.P. 6128, succursale A
Montréal (Québec)
H3C 3J7



UNIVERSITÉ D'OTTAWA
UNIVERSITY OF OTTAWA



Place aux femmes de tête et de cœur!

L'Université d'Ottawa offre un lieu d'épanouissement par excellence aux femmes grâce à ses programmes d'études des femmes, d'enseignement et de recherche en génie, en sciences, en sciences naturelles et en sciences de la santé.

Renseignements:
Bureau de l'Admission
Université d'Ottawa
550, rue Cumberland
Ottawa (Ontario) K1N 6N5
Téléphone: (613) 564-3928

La Faculté des études supérieures

Importance

10 000 étudiants la plus importante au Canada décerne environ 200 doctorats et 1 800 maîtrises chaque année.

Un corps professoral de grande qualité

A obtenu plus de 127 millions de dollars en subventions de recherche en 1989-1990 s'est mérité au cours de la dernière année de nombreux prix nationaux et internationaux.

Politique de financement

3,4 millions de dollars à même les subventions de recherche des professeurs charges de cours et assistanats d'enseignement ou de recherche pour les meilleurs étudiants l'Université consacre plus d'un million de dollars en aide directe sous forme de bourses d'excellence ses étudiants se sont mérités 8,8 millions de dollars en 1989-1990 auprès des grands organismes subventionnaires.

Une Faculté dynamique

Création de nouveaux programmes multidisciplinaires et de modèles d'encadrement des étudiants maintien de standard de qualité de niveau international réduction de la durée des études.

Maîtrise des langages de base

Effort particulier pour que les étudiants maîtrisent: français, anglais, informatique, méthodes quantitatives.

La **Faculté des études supérieures** propose 24 certificats et diplômes d'études supérieures 115 programmes de maîtrise 74 programmes de doctorat dans les secteurs des sciences fondamentales et appliquées, des sciences humaines et sociales, et des sciences de la santé.

Demandes d'information:

pour l'Université de Montréal

Service des admissions
Université de Montréal
C.P. 6205, succursale A
Montréal (Québec)
Canada, H3C 3T5
Tél.: (514) 343-6426

pour l'École Polytechnique

Bureau du registraire
École Polytechnique
de Montréal
C.P. 6079, succursale A
Montréal (Québec)
Canada, H3C 3A7
Tél.: (514) 340-4713

pour l'École des Hautes Études Commerciales

École des Hautes Études
Commerciales
5255, avenue Decelles
Montréal (Québec)
Canada, H3T 1V6
Tél.: (514) 340-6151



Université de Montréal

L'UNIVERSITÉ LAVAL

UN PARTENAIRE POUR VOTRE AVENIR

PROGRAMMES DE MAÎTRISE ET DE DOCTORAT

Champ d'études

Activité physique (sciences de l')	■ ■
Administration (sciences de l')	■ ■ ■
Administration et politique scolaires	■ ■ ■
Aménagement du territoire et développement régional	■
Analyse des politiques	■
Anglais	■ ■
Anthropologie	■ ■
Archéologie classique	■ ■
Architecture	■
Arts et traditions populaires	■ ■
Biochimie (sciences)	■ ■
Biologie	■ ■
Biologie cellulaire et moléculaire (médecine)	■ ■
Biologie végétale	■ ■
Chimie	■ ■
Communication publique	■
Développement rural intégré	■
Didactique	■ ■ ■
Droit	■ ■
Droit notarial	■
Économie rurale	■
Économique	■ ■
Espagnol	■ ■
Études anciennes	■ ■
Français	■ ■

Champ d'études

Français, langue seconde	■
Génie chimique	■ ■
Génie civil	■ ■
Génie électrique	■ ■
Génie industriel	■ ■
Génie mécanique	■ ■
Génie rural	■ ■
Géographie	■ ■
Géologie	■ ■
Histoire	■ ■
Histoire de l'art	■
Informatique	■
Linguistique	■ ■
Mathématiques	■ ■
Médecine expérimentale	■ ■
Mesure et évaluation	■ ■
Microbiologie	■ ■
Microbiologie-immunologie (médecine)	■ ■
Mines et métallurgie	■ ■
Muséologie	■
Musique	■ ■
Neurobiologie	■ ■
Nutrition	■ ■
Pédagogie universitaire des sciences de la santé	■
Pharmacie	■ ■

Champ d'études

Pharmacie d'hôpital	■
Philosophie	■ ■
Physiologie (endocrinologie)	■ ■
Physique	■ ■
Psychologie	■ ■
Psychopédagogie	■ ■ ■
Relations industrielles	■ ■
Relations internationales	■
Santé au travail	■
Santé communautaire	■
Science politique	■ ■
Sciences de l'orientation	■ ■
Sciences du bois	■ ■
Sciences et technologie des aliments	■ ■
Sciences forestières	■ ■
Sciences géodésiques	■ ■
Sciences humaines de la religion	■
Sciences infirmières	■ ■
Service social	■ ■
Sociologie	■ ■
Sols	■ ■
Technologie de l'enseignement	■ ■
Terminologie et traduction	■
Théologie	■ ■ ■
Zootecnie	■ ■

Diplôme, 2^e cycle ■ Maîtrise ■ Doctorat ■

COUPON-RÉPONSE

INT.

Veuillez me faire parvenir

Des renseignements sur le programme de :

maîtrise en _____

doctorat en _____

Des renseignements sur les sujets suivants _____

Des renseignements sur les programmes d'aide financière

Un formulaire de demande d'admission

Nom _____

Adresse _____

Code postal _____

Retourner à : **Bureau du registraire**, Division des communications
Pavillon Jean-Charles-Bonenfant
Université Laval, Québec
G1K 7P4

Téléphone : (418) 656-3080

 UNIVERSITÉ
LAVAL

Réalisation graphique : Pierre Lamoureux