

VOLUME QUATORZE • NUMÉRO TROIS • MAI-JUIN 1993 5,50\$

PER
A-522
CON

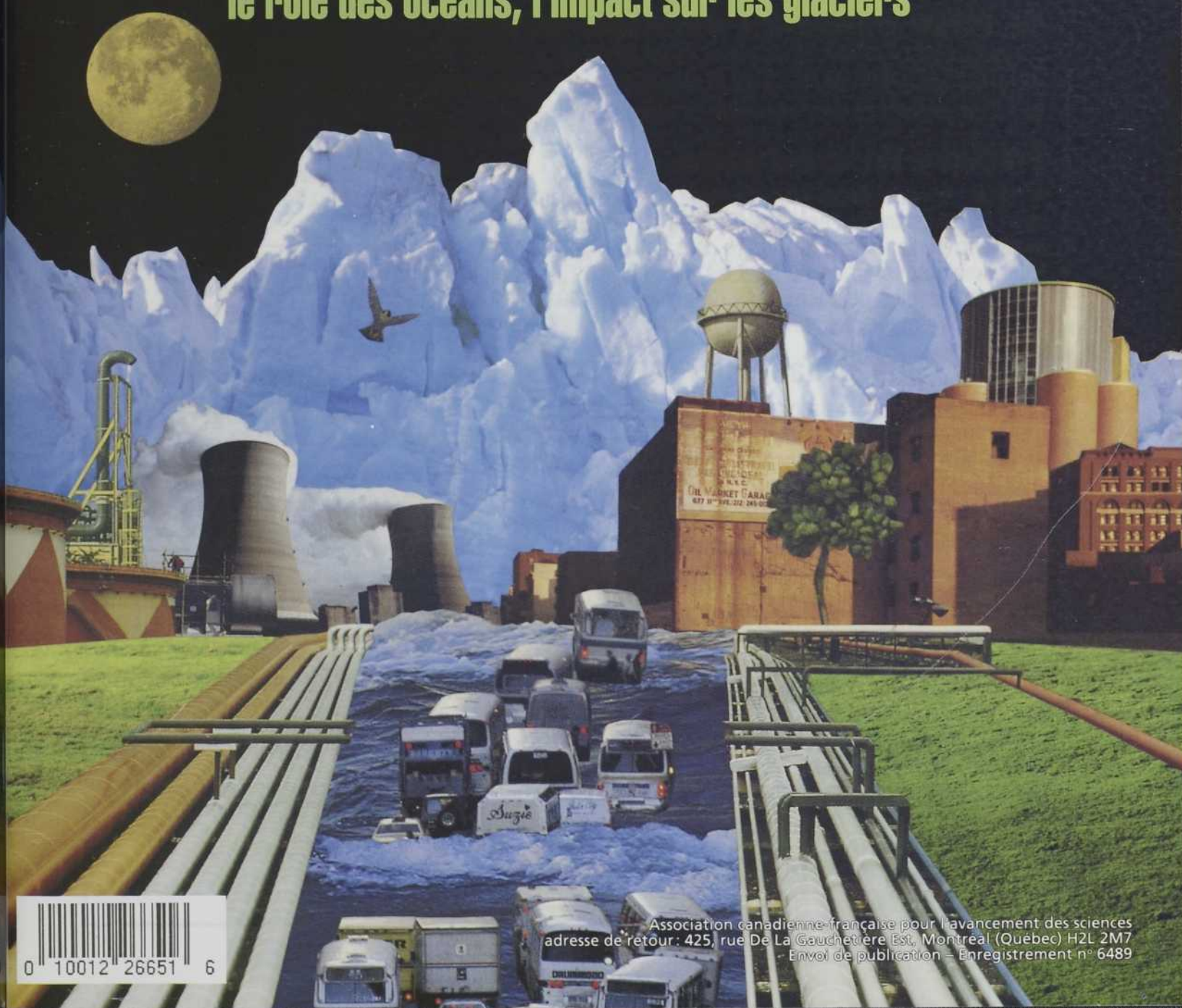
INTERFACE

LA REVUE DE LA RECHERCHE

• La science sous contrat • Bjørn Sundby: un chercheur en quête... du bonheur • Les modes enfantines au XIX^e siècle

L'EFFET DE SERRE

le rôle des océans, l'impact sur les glaciers



Association canadienne-française pour l'avancement des sciences
adresse de retour: 425, rue De La Gauchetière Est, Montréal (Québec) H2L 2M7
Envoi de publication - Enregistrement n° 6489



0 10012 26651 6

La Faculté des études supérieures

Importance

10 500 étudiants ☐ la plus importante au Canada ☐ décerne environ 260 doctorats et 2 000 maîtrises, certificats et diplômes d'études supérieures spécialisées chaque année.

Un corps professoral de grande qualité

A obtenu plus de 174 millions de dollars en subventions de recherche en 1991-1992 ☐ s'est mérité au cours de la dernière année de nombreux prix nationaux et internationaux.

Politique de financement

À même les subventions de recherche des professeurs ☐ charges de cours et assistantats d'enseignement ou de recherche pour les meilleurs étudiants ☐ l'Université consacre 2,4 millions de dollars en aide directe sous forme de bourses d'excellence ☐ ses étudiants se sont mérités plus de 11 millions de dollars en 1991-1992 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

- ☐ 50 certificats et diplômes d'études supérieures
- ☐ 116 programmes de maîtrise
- ☐ 75 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

Bureau 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

S O M M A I R E

5

COMMENTAIRE

ABOLITION DU CONSEIL DES UNIVERSITÉS

PAR CHRISTIANE QUERIDO

64

SCIENCEMONDE

ASSÈCHEMENT DE BOUES INDUSTRIELLES EN MALAISIE

PAR DANIELLE OUELLET

CHRONIQUES

60

TRANSFERTS

66

SCIENCE-INTER

73

CHERCHEURS RECHERCHÉS

75

SOURCES

79

À SUIVRE

FACE À FACE

8

BJØRN SUNDBY un chercheur en quête... du bonheur

PAR GILLES DROUIN

Si tous les chemins mènent à Rome, ceux de Bjørn Sundby mènent à Rimouski.



RECHERCHE

SPÉCIAL: EFFET DE SERRE

14

QUAND LES OCÉANS POMPENT LE CO₂

PAR SERGE DEMERS ET JEAN-CLAUDE THERRIault

Les océans, des « pompes » à CO₂? Intéressant et prometteur, compte tenu des quantités de plus en plus excédentaires de ce gaz relâchées dans l'atmosphère. Mais suffiront-ils à la tâche? Pourront-ils neutraliser l'effet de serre?

28

S.O.S. GLACIERS?

PAR ANNE DE VERNAL

Dans la perspective du réchauffement global qu'entraînerait l'effet de serre, les scientifiques se demandent ce qu'il adviendra des glaciers. Une surprise les attend peut-être.



ENJEUX

38

LA SCIENCE SOUS CONTRAT coup d'œil sur les « consultants »

PAR JACQUES KEABLE

Parce qu'il y a « consultant » et « consultant ». Parce que certains font de la très bonne « science » et d'autres pas. Parce qu'il est peut-être temps de doter la profession d'un code d'éthique.

SCIENCECLIPS

44

LES MODES ENFANTINES AU XIX^e SIÈCLE

47

DU BRUIT POUR MIEUX ENTENDRE

49

QUAND LE PETIT HOMARD RETOURNE AU FOND DE L'EAU

50

LES HAUTS, LES BAS D'UNE BILLE DE VERRE

52

LES LAPONS: PREMIERS AUTOCHTONES DE SCANDINAVIE?

54

L'APHASIE: UN DÉRÈGLEMENT BIEN RÉGLÉ

58

ASTHME: UN SECOND SOUFFLE POUR LA RECHERCHE PHARMACEUTIQUE



PRIME MINISTER · PREMIER MINISTRE

C'est avec grand plaisir que j'adresse mes cordiales salutations à tous les délégués au 61^e congrès de l'Association canadienne-française pour l'avancement des sciences.

Votre rencontre revêt énormément d'importance, car elle réunit des représentants de la communauté scientifique de langue française qui oeuvrent dans tous les secteurs de la recherche et des technologies. Elle est l'occasion de créer des liens et de mesurer les immenses progrès accomplis tout en réfléchissant aux nombreux défis auxquels sont confrontés les scientifiques d'aujourd'hui.

Je vous félicite et vous souhaite à tous et à toutes un congrès couronné de succès.

OTTAWA
1993

ABOLITION DU CONSEIL DES UNIVERSITÉS

Perte d'un éclairage indépendant et critique sur le monde universitaire

PAR CHRISTIANE QUERIDO

J'ai accepté, non sans une certaine appréhension, l'invitation de la revue *Interface* à livrer, dans cet article éditorial, mes réactions à l'abolition prochaine du Conseil des universités. Il s'agit là d'un exercice périlleux de la part de la présidente de l'organisme visé par cette décision politique.

Si j'ai accepté, c'est par respect pour l'intérêt que manifeste la communauté scientifique québécoise à l'égard d'un organisme qui, pendant 25 ans, a accompagné le développement du système universitaire et de la recherche au Québec. Un organisme qui, par ses interventions, ses recherches, ses études, ses réflexions et ses positions a été un instrument majeur de la mise sur pied d'un véritable réseau scientifique et de formation universitaire avantageusement comparable sous plusieurs aspects à ceux des grands pays industrialisés.

Le Conseil disparaît alors qu'il s'apprêtait à souligner ses 25 ans d'existence. Toutefois, parce que cette décision se glisse dans le cadre de la réforme de l'enseignement collégial, on y accorde peu d'attention. Et la disparition du Conseil traduit des changements de politique qu'il importe de faire connaître au milieu universitaire, mais aussi au public en général.

L'abolition du Conseil illustre d'abord un changement de cap majeur dans la politique ministérielle suivie jusqu'à présent à l'endroit de la fonction consultative. En fait, par un simple article de loi abrogeant la loi constitutive du Conseil des universités et proposant d'autres modifications législatives, on nous ramène près de 30 ans en arrière, au moment où le Conseil supérieur de l'éducation assumait seul la fonction consultative générale. La nature de cette fonction ne peut toutefois se comparer à celle qu'il assume actuellement.

Ainsi, le projet de loi déposé fait disparaître toutes les obligations qu'imposaient au ministre la *Loi sur le Conseil des universités* et d'autres lois, de consulter un organisme indépendant et d'obtenir son avis. De façon plus particulière, disparaît l'obligation qui lui était faite en vertu de l'article 4 de la loi constitutive du Conseil, entre autres, d'obtenir l'avis de ce dernier sur tous les plans de développement de l'enseignement et de la recherche universitaires, sur les budgets annuels de fonctionnement et d'investissement des établissements, sur la répartition entre les établissements des subventions accordées annuellement et sur les mesures mises en œuvre pour assurer la coordination entre les établissements.

Même si les calendriers de consultation ne permettaient pas toujours au Conseil d'exercer une influence sur les décisions ministérielles ou gouvernementales au moment opportun, les interventions fournies par l'organisme ainsi que son autonomie pour donner à ces interventions toute l'envergure qu'il jugeait appropriée, pouvaient infléchir les décisions dans les années subséquentes. Ainsi, le Conseil contribuait à corriger certaines erreurs ou décisions ministérielles. Il ali-

mentait de façon constante le débat sur les politiques ainsi que les orientations ministérielles et gouvernementales.

D'autres objets de consultation statutaire disparaissent aussi. C'est le cas de l'obligation faite par le *Code des professions* au ministre responsable de l'application des lois professionnelles, de consulter le Conseil des universités au sujet de la liste des diplômes et des projets de modifications importantes dans le domaine de la formation en lien avec les corporations professionnelles. Il n'y aura donc plus d'organisme pour proposer ou concilier, dans un exercice de réflexion indépendante, les objectifs et les points de vue des milieux universitaires et professionnels. Disparaît aussi l'obligation de consulter le Conseil dans la perspective de création et de reconnaissance de nouveaux établissements universitaires. Les dispositions de la *Loi sur les établissements universitaires* adoptée en 1984 n'auront donc été éprouvées qu'une seule fois.

Disparaît enfin le rôle consultatif du Conseil en matière d'évaluation de l'opportunité des projets de nouveaux programmes. Il est important de rappeler que, dès les débuts du Conseil, ce dernier a été activement engagé dans ce rôle. Ses interventions ont considérablement évolué au cours des années. L'implantation de nouveaux programmes n'a pas que des conséquences financières, qu'il importe d'ailleurs de mesurer. C'est en quelque sorte la trame même du réseau universitaire qui se dessine alors et les questions d'opportunité liées à une telle implantation sont de plus en plus cruciales. En près de 25 ans, le Conseil des universités s'est ainsi prononcé sur 335 projets de nouveaux programmes, dont 249 recommandations favorables.

La disparition du Conseil des universités entraîne, par ailleurs, l'abolition de la Commission de la recherche universitaire. Cette commission avait été explicitement prévue, selon la loi du Conseil, pour fournir un éclairage à ce dernier sur les besoins et les enjeux de développement de la recherche universitaire. On pourra arguer qu'aujourd'hui, les universités, les organismes subventionnaires, les associations ou regroupements de recherche, qui se sont admirablement développés au cours des dernières années, peuvent fournir eux-mêmes les pistes de réflexion sur ces besoins. C'est vrai, mais seulement en partie. Il y a des dimensions propres à la structure et aux modes d'organisation de la recherche en milieu universitaire qui sont influencées par les modes de financement et de fonctionnement des universités. Un organisme spécialement constitué peut plus facilement les explorer. L'articulation cycles supérieurs-recherche-formation connaît présentement des changements majeurs qui auront des répercussions profondes sur l'ensemble du système universitaire. C'est pourquoi, au cours des derniers



Québec

MESSAGE DU PREMIER MINISTRE

Au nom du gouvernement du Québec, je suis heureux de saluer bien cordialement tous ceux et celles qui prennent part au soixante et unième Congrès de l'Association canadienne-française pour l'avancement des sciences.

Événement prestigieux et enrichi de la participation d'éminents membres de la communauté scientifique, cette rencontre annuelle ne cesse de répondre à un besoin crucial et suscite un intérêt croissant. Nul doute qu'une mise en commun de connaissances de même qu'une réflexion dans cette sphère d'activité constituent des atouts de premier plan dans la préparation d'un avenir prometteur pour l'ensemble de nos concitoyens. À cet égard, je dois également souligner la grande pertinence d'avoir choisi Rimouski, qui m'apparaît le lieu tout désigné pour inspirer des discussions portant sur les sciences de la mer et de l'environnement.

À tous les congressistes, je souhaite de fructueux échanges ainsi qu'un agréable séjour dans la belle région du Bas-Saint-Laurent.

Robert Bourassa

Robert Bourassa

mois, le Conseil tenait à revitaliser les travaux de la Commission de la recherche afin qu'elle puisse pousser sa réflexion sur la place que la recherche occupe aujourd'hui à l'université et dans le système global de la politique scientifique. Malgré le calendrier inexorable qu'on lui a fixé, le Conseil pourra publier les travaux de la Commission de la recherche sur les cycles supérieurs et donner son avis sur les perspectives d'avenir.

C'est dans l'ensemble de ces domaines que le Conseil des universités, au rythme de 10 à 15 avis par année, fournissait un éclairage indépendant et critique sur les politiques gouvernementales et le fonctionnement de nos établissements universitaires. La décision ministérielle se traduit par une réduction sensible de la place des universités dans le débat public.

Les universités sont donc conviées par la ministre à des modes de rapports directs avec le gouvernement. Dans l'immédiat, les rapports entre les établissements universitaires et le Ministère sont relativement sereins. C'est probablement ce qui explique l'acquiescement des universités à la démarche proposée par la ministre dans l'optique d'une rationalisation gouvernementale.

Le Conseil n'aurait-il été qu'un intermédiaire pour permettre aux universités et au Ministère de développer des rapports plus harmonieux? Ce n'était pas là l'intention première du législateur ni l'objectif de la commission Parent, qui avait proposé la création d'un organisme intermédiaire en s'exprimant ainsi: «À ces conditions, il apparaît utile qu'un organisme représentatif de la collectivité tout entière soit appelé à servir d'intermédiaire entre l'État et les universités dans les discussions de l'enseignement supérieur. La création d'un tel organisme devrait avoir pour but principal de réunir une équipe capable de faire raisonnablement le partage entre les préoccupations particulières aux divers établissements d'enseignement supérieur, d'une part, et les préoccupations de l'État, d'autre part, compte tenu des besoins généraux de l'enseignement dans la province et des ressources de la collectivité.» C'est cette fonction et cette compétence, développées au cours des 25 dernières années, que le gouvernement fait disparaître.

Nonobstant la question de l'organisme lui-même, je crois sincèrement que les fonctions consultatives du Conseil, qui intègrent les préoccupations de conciliation des besoins des établissements, de capacité financière de l'État, de souci de la coordination du développement de notre système universitaire, demeurent. Ce rôle mérite toujours d'être assumé par un organisme indépendant, tout ingrate que puisse paraître quelquefois cette fonction critique.

Le désir de rationalisation qui sous-tend la décision gouver-

nementale est légitime. Toutefois, d'autres approches — la fusion du Conseil des collèges, du Conseil de la science et de la technologie ainsi que du Conseil des universités, par exemple — auraient permis d'atteindre cet objectif tout en assurant une meilleure coordination des besoins de réflexion critique des milieux socio-économiques, d'enseignement supérieur et de recherche.

Tous les pays industrialisés sont aux prises, par rapport à leur système d'éducation, mais aussi à leur système d'enseignement, de formation et de recherche universitaire, avec des défis considérables. On s'interroge sur la qualité de la formation offerte, sur la pertinence des programmes, sur l'efficacité avec laquelle les universités utilisent les fonds publics, dont elles dépendent essentiellement pour leur fonctionnement. On se préoccupe de la compétitivité des chercheuses et des chercheurs à l'échelle internationale. Ces préoccupations sont d'autant plus prégnantes qu'un peu partout, on est aussi confronté à des situations budgétaires contraignantes. Il est difficile de concevoir que ces grands enjeux et les liens avec les politiques plus immédiates puissent être débattus seulement entre l'État et les universités. À moyen ou à long terme, c'est la santé du débat public et démocratique relativement à un secteur maintenant devenu crucial pour le développement socio-économique de notre société, qui sera atteinte.

La décision du gouvernement trouve son précédent dans d'autres provinces canadiennes, en Alberta, en Saskatchewan et en Colombie-Britannique, par exemple, où l'on a fait disparaître les organismes intermédiaires. Cela s'est généralement traduit par des interventions — voire un contrôle — beaucoup plus directes du gouvernement, surtout en matière de financement, auprès des universités.

La décision gouvernementale de faire disparaître deux organismes consultatifs à vocation particulière dans le milieu de l'enseignement supérieur — le Conseil des universités et le Conseil des collèges — marque aussi un autre changement important dans la politique gouvernementale, cette fois-ci à l'endroit de l'enseignement collégial. À la fonction consultative, le Ministère substitue un ensemble de mesures d'évaluation et de contrôle externes.

L'insatisfaction généralement manifestée à l'endroit de la qualité de la formation offerte en milieu collégial, les performances inquiétantes au chapitre de la durée des études et de la diplomation, ont pu amener le gouvernement à prendre une telle décision. Ce changement d'orientation ne devrait pas laisser les universités indifférentes face aux attentes, maintes fois repérées par les autorités publiques, d'une plus grande efficacité et d'une plus grande imputabilité.

CHRISTIANE QUERIDO

EST PRÉSIDENTE

DU CONSEIL DES

UNIVERSITÉS.

RÉFÉRENCE

1. *RAPPORT DE LA COMMISSION ROYALE D'ENQUÊTE SUR L'ENSEIGNEMENT DANS LA PROVINCE DE QUÉBEC*, TOME II, 1965, p. 243.

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, DU PROGRAMME SCIENCES ET CULTURE CANADA, DU CONSEIL DE RECHERCHES EN SCIENCES HUMAINES ET DU CONSEIL DE RECHERCHES EN SCIENCES NATURELLES ET EN GÉNIE. **DIRECTRICE ET RÉDACTRICE EN CHEF:** SOPHIE MALAVOY **DIRECTRICE GÉNÉRALE DE L'ACFAS:** FRANÇOISE BRAUN **SECRÉTAIRE DE RÉDACTION:** PATRICIA ROSS **COMITÉ DE RÉDACTION:** PATRICK BEAUDIN, THÉRÈSE BOUFFARD-BOUCHARD, MONA NEMER, DENISE PELLETIER, GARY SLATER, YANICK VILLEDIEU **RÉVISION LINGUISTIQUE:** HÉLÈNE LARUE **DIRECTION ARTISTIQUE:** LORTI/MOUSSEAU **ILLUSTRATION DE LA PAGE COUVERTURE:** HONO LULU **PUBLICITÉ:** PIERETTE LEFRANÇOIS **TÉL.:** (514) 466-3095 **TÉLÉC.:** (514) 466-0952 **IMPRESSION:** IMPRIMERIE QUEBECOR SAINT-JEAN

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, 425, RUE DE LA GAUCHETIÈRE EST, MONTRÉAL (QUÉBEC) H2L 2M7. **TÉL.:** (514) 849-0045, **TÉLÉC.:** (514) 849-5558. LA REVUE **INTERFACE** EST RÉPERTORIÉE DANS *POINT DE REPÈRE* ENVOI DE PUBLICATION ENREGISTREMENT N° 6489 MAI 1993, DÉPÔT LÉGAL: BIBLIOTHÈQUE NATIONALE DU QUÉBEC, DEUXIÈME TRIMESTRE 1993

ISSN 0826-4864



BJØRN SUNDBY

UN CHERCHEUR EN QUÊTE... DU BONHEUR

PAR GILLES DROUIN

SI TOUS LES CHEMINS MÈNENT À ROME, CEUX QU'EMPRUNTE

BJØRN SUNDBY LE RAMÈNENT TOUJOURS À RIMOUSKI. MAIS CE NE SONT PAS LES

«ESCAPADES» QUI MANQUENT! CE CHERCHEUR DE

L'INRS-OCÉANOLOGIE A, EN EFFET, UNE CERTAINE

VISION DE LA VIE ET DE SON MÉTIER: FAIRE CE QUE

L'ON AIME DANS

UN ENDROIT QUE

L'ON AIME. BREF,

ÊTRE HEUREUX.

Sabots de bois aux pieds et grammaire hollandaise bien en vue dans sa bibliothèque, Bjørn Sundby pourrait passer pour un Hollandais si ce n'était de son prénom typiquement scandinave. En effet, tandis que le monde s'engouffrait dans la Seconde Guerre mondiale, ce passionné de la vie voyait le jour à Bergen, une ville portuaire située sur la côte occidentale de la Norvège. Au risque d'en décevoir plusieurs, disons tout de suite qu'il n'est pas né avec des skis ou des patins aux pieds. «Je ne suis pas très sportif», confie-t-il en prenant soin de préciser qu'il y a d'ailleurs peu de neige à Bergen, contrairement à Oslo, la capitale de la Norvège. De ses très lointains ancêtres Vikings, il n'a gardé que la barbe et un goût très prononcé pour l'aventure, la découverte et les voyages. C'est ainsi qu'il a exercé sa profession

d'abord aux États-Unis, puis successivement au Canada — en Nouvelle-Écosse et au Québec —, puis au Portugal, en Suède et en Hollande pour finalement revenir au Québec.

Avec sa barbe grisonnante et son air détendu, Bjørn Sundby pourrait aussi passer pour un écrivain ou un philosophe. Il est facile de l'imaginer à sa table de travail, terminant son dernier ouvrage. D'ailleurs, il consacre une bonne partie de ses moments de loisirs à la lecture. «En ce moment, je m'intéresse beaucoup à la littérature anglaise, histoire, entre autres, de parfaire mon anglais», souligne-t-il. Ce globe-trotter a toujours profité de ses séjours pour apprendre la langue du pays. Il parle couramment cinq langues.

DES HORIZONS OCÉANIQUES

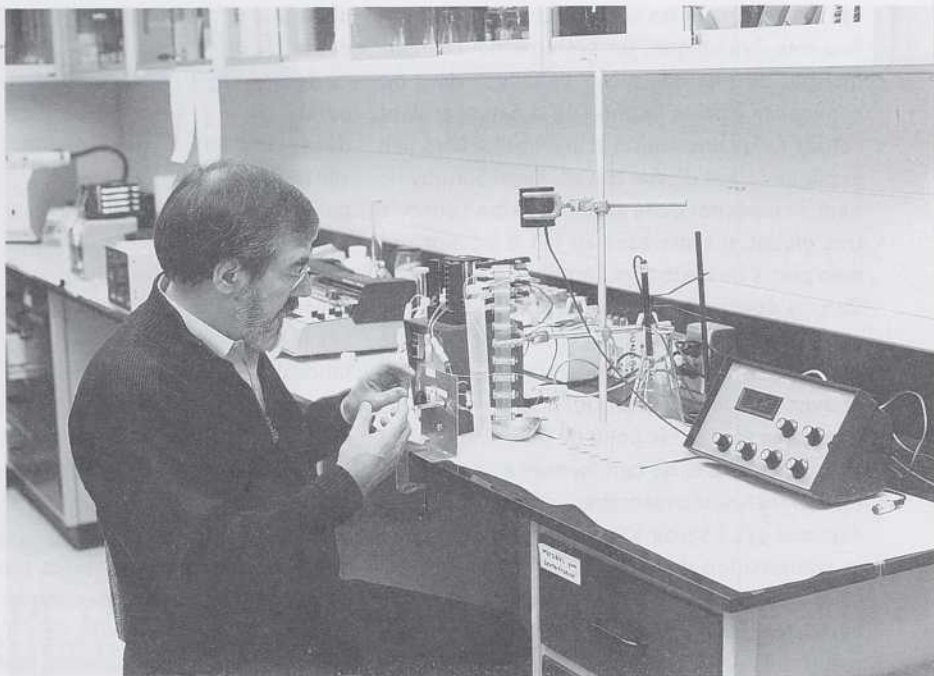
Mais il faut plutôt l'imaginer dans un laboratoire, manipulant éprouvettes et béchers. «En fait, raconte-t-il dans un français fort convenable teinté d'un joli accent, j'ai découvert la chimie à l'occasion d'un emploi d'étudiant dans un laboratoire. J'adorais manipuler les éprouvettes et les béchers.» Depuis ce temps, le jeune chimiste a élargi ses horizons et, aujourd'hui, il utilise ses connais-

sances sur la structure de la matière pour mieux comprendre ce qui se passe au fond des mers.

«Le travail avec les idées et les concepts m'a attiré davantage, ajoute-t-il. Le laboratoire est devenu un simple moyen de vérifier les hypothèses et les idées. D'ailleurs, je m'intéresse de plus en plus au développement des idées, j'essaie d'interpréter mes résultats de recherches avec un point de vue global qui me permet de voir les relations qui existent entre mon travail et celui des autres. J'aime aussi travailler en collaboration avec d'autres chercheurs qui complètent bien mes efforts.»

Maintenant attaché à l'INRS-Océanologie, à Rimouski, ce chimiste et océanographe s'intéresse à ce qu'on appelle la «couche limite benthique», c'est-à-dire à tout ce qui se passe un peu en dessous et un peu au-dessus des sédiments déposés au fond des mers (*encadré*). Curieusement, il est à l'image du milieu qu'il étudie. Il dégage une impression de stabilité et de calme, mais il reconnaît sa grande nervosité intérieure, surtout avant une communication. Tout comme les sédiments, il vit dans un monde ouvert sur l'extérieur, en perpétuel mouvement, en constante évolution.

Disponible aux occasions qui se présentaient à lui, il a rarement refusé de s'embarquer pour de nouvelles aventures dans la mesure où ces situations lui permettaient de poursuivre ses recherches dans une atmosphère

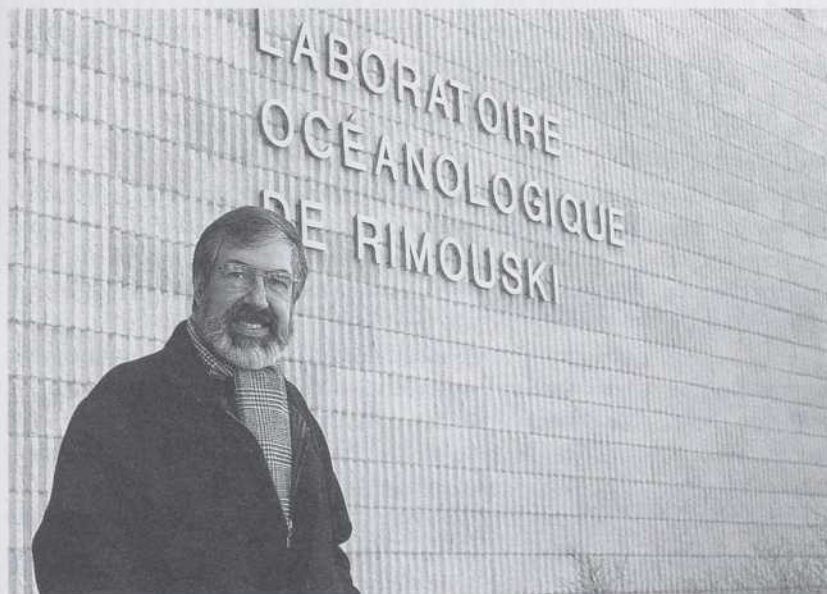


de liberté, dans un cadre agréable tant sur le plan professionnel que personnel. L'histoire de Bjørn Sundby pourrait se résumer ainsi : la quête du bonheur à travers la science.

Bjørn Sundby ne se destinait pas à l'océanographie lorsqu'un matin de 1966, il quitta sa ville natale, docteur de chimie en poche. Il a vécu un scénario typique des grandes migrations. «J'ai traversé l'Atlantique sur un grand paquebot et j'ai débarqué à New York», explique-t-il sur un ton légèrement poétique. La raison de ce voyage était cependant plus terre à terre : «Il n'y avait pratiquement pas de postes offerts dans les universités norvégiennes et les personnes qui les détenaient étaient en bonne santé!»

À L'AFFÛT DES OCCASIONS

Ses premiers pas de chercheur, il les fait dans un grand laboratoire industriel, celui de la multinationale Colgate-Palmolive. Là, il consacre ses énergies à la mise au point de détersifs sans phosphate. Ses travaux éveillent son intérêt pour les questions environnementales. «Rapidement, se rappelle-t-il, j'ai trouvé les problèmes environnementaux beaucoup plus intéressants que mon travail à la compagnie.» Les laboratoires de la compagnie étant situés sur le campus de l'Université Rutgers, au New Jersey, Bjørn Sundby voue ses moments



PHOTOS: STUDIO BLONDIN

«Je vois vraiment les sédiments comme un milieu très dynamique, un système ouvert marqué par de très nombreux échanges dont on commence à peine à connaître la nature et dont l'étude exige une multidisciplinarité.» Lorsqu'il explique l'objet de son travail, Bjørn Sundby ne peut s'empêcher de le situer dans un contexte très global. Il s'intéresse en fait à un moment bien précis du cycle géochimique des éléments. Dans la couche benthique, les particules principalement produites par l'érosion et l'activité humaine sont encore en interaction entre elles et avec la colonne d'eau qui les recouvre. Ces particules sont sur le point de perdre le contact avec la surface et de commencer à se transformer en roches sédimentaires. «Nous cherchons, explique-t-il, à savoir s'il est possible de prédire la composition des particules qui seront enfouies pour se transformer en roches sédimentaires. Nous voulons aussi connaître le taux de recyclage de ces particules, c'est-à-dire jusqu'à quel point elles peuvent se transformer et être remises en circulation dans la colonne d'eau.» Ces données sont essentielles pour comprendre, entre autres, le rôle des fonds dans la productivité des océans. Bjørn Sundby étudie actuellement le rôle du fond dans la régénération des phosphates, ces sels nutritifs essentiels aux plantes, notamment. «Ce phénomène est particulièrement important dans les lacs, souligne-t-il. Dans le contexte océanographique et à l'échelle géologique, le contenu total en phos-

phates des océans a toujours été un facteur de productivité globale des mers. Il y a des périodes où de plus grandes quantités de phosphates disparaissent de la colonne d'eau pour se fixer dans les sédiments. À ce moment, la productivité globale de l'océan diminue. D'un point de vue paléoclimatique et paléo-océanographique, il est important de comprendre quelles sont les circonstances qui déterminent la circulation des phosphates entre l'eau et la couche de sédiments.» Les recherches de Bjørn Sundby et de ses collaborateurs intéressent aussi les écotoxicologues. C'est particulièrement le cas de la mesure des concentrations de cadmium dans l'estuaire du Saint-Laurent. Le cadmium provient principalement des raffineries de zinc et de cuivre, et il peut avoir des effets toxiques. Les relevés indiquent que plus nous sommes près des sources d'émission, moins il y a de cadmium dans les sédiments. «À première vue, cela n'a pas de bon sens, souligne Bjørn Sundby. Toutefois, nous savons maintenant que, dans les sédiments, les concentrations de cadmium sont toujours plus élevées en profondeur que près de la surface. Nous savons aussi que la pollution n'était pas plus grande dans le passé. Il y a donc un phénomène qui se déroule dans la couche benthique et qui influence la répartition du cadmium. Nous essayons donc de mieux comprendre ce qui se passe de façon à ne pas tirer de mauvaises conclusions de nos premières mesures.»

Avec un collègue de l'Institut Maurice-

Lamontagne, il s'intéresse aussi aux fonds sablonneux. Étant donné que le sable contient peu de matière organique, les scientifiques ont toujours pensé qu'il ne se passait pas grand-chose sur ce type de fonds car ce sont justement ces matières organiques qui fournissent l'énergie nécessaire à la diagenèse, soit la transformation des sédiments en roches sédimentaires. «Nous pensons que c'est faux, soutient Bjørn Sundby. Nos modèles théoriques nous montrent que, sous l'action des vagues, l'eau passe à travers le sable. Or cette eau n'est pas pure; elle contient tous les éléments nécessaires pour favoriser le développement de bactéries (matières organiques, oxygène, sels nutritifs, etc.). Nous savons aussi qu'il y a des bactéries attachées aux grains de sable. Nous pensons donc que le sable pourrait jouer un rôle de filtre biologique naturel, les bactéries se nourrissant des éléments contenus dans l'eau.» Si la piste est bonne, notre perception des fonds océaniques sera modifiée considérablement puisque la plus grande partie des plateaux continentaux est constituée de fonds sablonneux. Il reste cependant à mettre au point des méthodes et des techniques pour mesurer cette activité dans la réalité, un défi qui plaît à Bjørn Sundby: «Il faut concevoir des techniques de mesure et raffiner nos modèles pour, en bout de piste, obtenir des résultats qui pourraient modifier notre compréhension globale des océans. Voilà ce que j'appelle de la recherche intéressante!»

de loisirs à l'étude et à la lecture. Il s'inscrit à tous les cours qu'il peut suivre. C'est là qu'il acquiert une formation en océanographie avec Harold Haskin, un zoologiste spécialiste des huîtres. «C'était un super professeur et il a beaucoup influencé l'orientation de ma carrière.»

À l'étroit et un peu malheureux dans son laboratoire industriel, il adopte alors une stratégie qui le servira souvent dans sa carrière: se mettre à l'affût des bonnes occasions. «J'ai toujours été attentif aux occasions qui se présentaient à moi et je n'ai jamais hésité, lorsque la possibilité était là, à élargir mes horizons tant scientifiques que culturels.»

La chance lui sourit: en 1972, il obtient une bourse post-doctorale du Conseil national de recherche du Canada (CNRC). Sans hésiter, il renonce à son avenir au sein de la multinationale et débarque à l'Institut d'océanographie de Bedford, en Nouvelle-Écosse. C'est Allan Walton, actuel directeur du Centre d'océanographie de Rimouski, qui accepte de l'accueillir. «Il trouvait un peu bizarre qu'un

chimiste spécialiste du savon s'intéresse à l'océanographie, raconte le chimiste norvégien, mais comme j'étais motivé, il m'a donné ma chance.»

LE GOÛT DU QUÉBEC

Après deux ans comme boursier du CNRC à Bedford, Bjørn Sundby part à la recherche d'un emploi. Cette fois, il regarde du côté du Québec, refusant même un poste de chercheur dans les laboratoires de Pêches et Océans, à Burlington. «Je préférerais travailler avec des étudiants et surtout venir au Québec. J'aime la culture québécoise, les chansons québécoises et les femmes québécoises. Le choix n'était pas difficile à faire.» Il s'est marié avec une Québécoise de Sherbrooke, rencontrée à Halifax et qui est professeure de... langues!

À titre de boursier du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG), il obtient, en 1974, un poste d'attaché de recherche à l'Université du Québec à



MESSAGE DE LA MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA SCIENCE

Après vingt ans de politique scientifique, le Québec s'est doté d'un système de recherche comparable à celui des principaux pays industrialisés. Comme ministre de l'Enseignement supérieur et de la Science, je suis fière de m'associer à la 61^e édition du congrès de l'Association canadienne-française pour l'avancement de la science (ACFAS).

Je suis particulièrement heureuse de souligner l'apport exceptionnel de l'ensemble des membres de l'ACFAS au rayonnement et au développement de la communauté scientifique francophone. L'ACFAS a toujours su faire connaître et mettre en valeur les travaux qui ont une véritable portée scientifique et technique.

La liste des 72 colloques proposés, la diversité des disciplines qui y sont représentées, le haut calibre des conférenciers invités font de ce congrès un temps fort de réflexion et d'échanges bénéfiques pour notre communauté. Cet événement illustre bien la vitalité de la recherche dans les universités et les centres de recherche du Québec.

Au nom du gouvernement du Québec, je souhaite à toutes et à tous de fructueux échanges.

Lucienne Robitaille



Gouvernement du Québec
Ministère de l'Enseignement supérieur
et de la Science

Québec

Rimouski (UQAR). Au sein de cette jeune université, il met sur pied une petite équipe de scientifiques et un programme de recherche en océanographie. «Avec Norman Silverberg et Jean Lebel, nous avons eu beaucoup de succès dans nos travaux sur la couche limite benthique», se rappelle un Bjørn Sundby pour qui le travail d'équipe et la camaraderie sont toujours une grande source de stimulation.

Ce type de mandat, qui consiste à créer des équipes et des programmes de recherches en océanographie, Bjørn Sundby en acceptera à plus d'une reprise dans sa carrière. La gestion et l'administration n'exercent pourtant aucun attrait sur lui.



Bjørn Sundby est un bâtisseur plutôt qu'un gestionnaire. «La recherche et la science constituent ma force motrice. Ce qui me motive le plus, ce n'est pas le pouvoir associé à un poste de direction. Pour moi, l'important est de faire partie d'un groupe de chercheurs intéressants, qui sont aussi des amis, et avec qui il est possible de faire de la bonne recherche. Pour moi, poursuit-il, mettre sur pied une équipe et un programme de recherche représentait la partie intéressante et stimulante du travail d'un directeur. J'aime particulièrement prendre le leadership scientifique, donner une vision de la recherche à une équipe, lui insuffler un dynamisme.»

• L'APPEL DU LARGE •

Ce besoin de relever des défis, marié au goût de découvrir de nouveaux horizons culturels, a poussé Bjørn

Sundby à accepter plusieurs postes à l'extérieur. Il est parti plus d'une fois, sans doute pour mieux revenir. C'est ainsi qu'en 1978, il répond à l'appel de Pêches et Océans. «Le Ministère cherchait quelqu'un qui était prêt à faire le «sacrifice» d'aller passer un an au Portugal», lance-t-il en riant. Avec son goût de l'aventure, Bjørn Sundby ne s'est pas fait prier pour partir en compagnie de sa femme, tout aussi attirée par ce genre d'escapade. Il agira à titre de conseiller scientifique à l'Instituto Nacional de Investigaçao das Pescas, à Lisbonne.

De retour à l'UQAR, il obtient un poste de professeur à temps plein en géochimie marine. En 1982-83, il passe son année sabbatique en Suède, où il remplace un professeur hollandais. Ce dernier l'invite par la suite à postuler un poste au Netherlands Institute for Sea Research. Encore une fois, l'aventure le tente et il accepte de prendre la responsabilité du Département d'océanographie chimique et de pollution marine. «C'est un très bel institut, qui peut compter sur de nombreuses ressources tant humaines que techniques. À l'époque, il y régnait une grande liberté de recherche qui frôlait l'anarchie.»

Pourquoi est-il parti? Tout simplement parce que, pour lui, sa vie professionnelle est indissociable de sa vie personnelle. «La science me permet d'avoir une très belle vie personnelle, de voyager, de me faire des amis, de bien vivre, d'avoir régulièrement des défis à relever. Mais en Hollande, ma femme et moi n'étions pas heureux dans notre milieu de vie. Au laboratoire, c'était parfait, mais nous nous sentions vraiment comme des étrangers dans la région. Nous sentions qu'il serait impossible de nous intégrer à cette société.»

En 1987, Jean Boulva, directeur de l'Institut Maurice-Lamontagne, le rapatrie en quelque sorte au Québec en lui confiant la tâche de mettre sur pied un groupe d'une quarantaine de personnes spécialisées en océanographie physique et chimique de même qu'en toxicologie. Après cinq années de «belles recherches intéressantes», il décide de changer. «J'ai horreur des lourdes procédures administratives. Lorsque vous occupez des postes administratifs, vous consacrez un temps incroyable uniquement à éplucher le courrier. À l'IML, je recevais en moyenne 8 cm de courrier par jour. Imaginez-vous que cela représente un demi-mètre par semaine et 25 mètres par année! Je trouvais cela épouvantable. C'est un travail qui doit être fait chaque jour, mais qui ne donne pas de résultat immédiat. Tandis qu'en recherche, il y a quand même des résultats partiels ou des portions de recherche qui donnent lieu à un rapport et à une publication.» De plus, la recherche qu'il se doit alors de faire lui plaît moins. «La menace qui pèse sur la pêche dans l'est du pays est très importante et le Ministère n'a pas le choix de consacrer ses ressources à la recherche de solutions immédiates à ces problèmes. Dans ce contexte, la recherche est orientée et j'avoue que je ne suis pas très à l'aise dans cette situation.»

Joignez vos efforts à ceux de l'Institut de recherche en biotechnologie

Ensemble vous pourrez atteindre de plus hauts sommets

Si votre objectif est d'exceller dans la R et D pharmaceutique ou environnementale et de surpasser la concurrence, un petit coup de main pourrait faire une grande différence.

À l'Institut de recherche en biotechnologie du CNRC, nous avons le savoir-faire nécessaire pour vous aider. Notre expertise dans la conception de composés biopharmaceutiques, la biorestauration et la mise à l'échelle est reconnue dans le monde entier. Nous disposons d'équipements de pointe et d'installations exceptionnelles dont une usine pilote. Nombre d'organismes de recherche et d'industries en profitent déjà et collaborent avec nos biologistes, nos chimistes et nos ingénieurs pour apporter des solutions novatrices à des problèmes complexes.

Vous aussi vous pouvez bénéficier de notre appui. Nous sommes prêts à vous épauler dès le début d'un projet de recherche ou de vous accueillir à titre de stagiaire. Nous pouvons travailler pour vous sous contrats ou avec vous par le biais d'ententes de recherche conjointe et nous vous garantissons la confidentialité des résultats obtenus.

Pour en savoir plus sur les possibilités de collaboration, appelez-nous à :

l'Institut de recherche
en biotechnologie du CNRC
Groupe des affaires industrielles
6100, avenue Royalmount
Montréal (Québec) H4P 2R2
Téléphone : (514) 496-6250
Télécopieur : (514) 496-5007

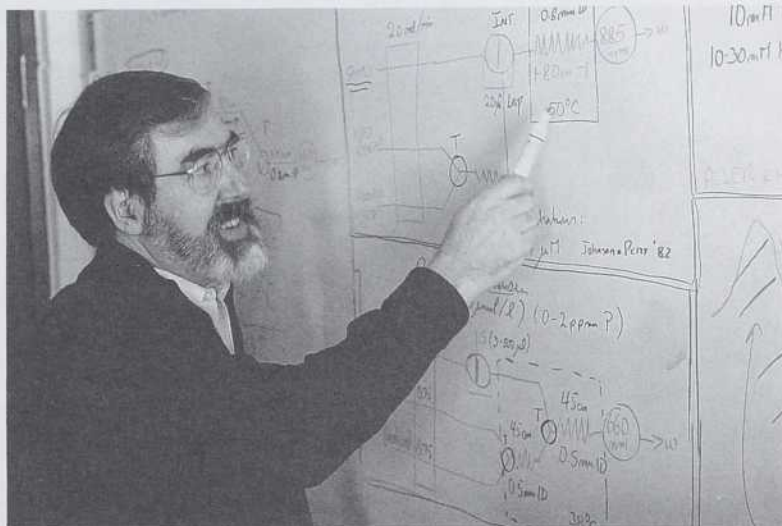
CNRC - NRC



Conseil national
de recherches Canada

National Research
Council Canada

Canada



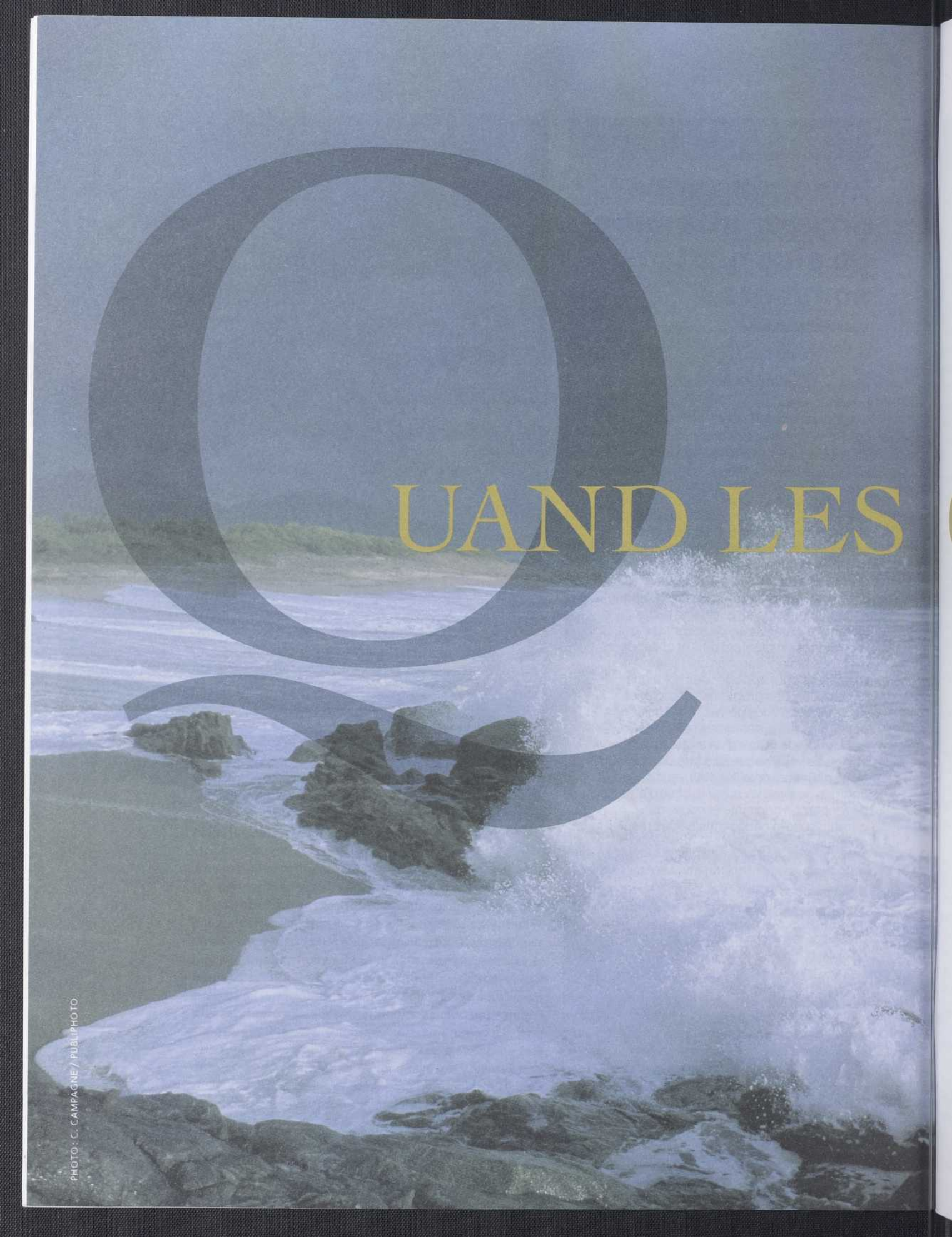
Le chimiste de Bergen rigole un peu lorsqu'on lui demande à quoi servent ses recherches. «Toute recherche est utile dans le sens où elle permet toujours d'en savoir un peu plus sur une question donnée, de mieux comprendre la réalité», soutient-il. Pour lui, l'utilité de la recherche n'est pas une fin en soi. «Le plus important, c'est de faire de la bonne recherche qui permet d'ajouter quelques pièces à l'ensemble. Il y aura toujours quelqu'un, quelque part, qui saura mettre à profit vos découvertes, à qui vos travaux seront utiles.»

L'ENFANT PRODIGE

En 1992, il revient à Rimouski, cette fois à l'INRS-Océanologie. En bon enfant prodigue, il reconnaît que l'Institut lui offre un poste idéal où il trouve une liberté de recherche, de bons collègues et des étudiants motivés. Bref, tous les ingrédients pour faire des recherches intéressantes.

Ce scientifique errant, pratiquement dépourvu de racines, a maintenant le goût de s'arrêter un peu plus longtemps. «Je trouve ici une bonne ambiance de recherche et j'aime beaucoup vivre au Québec.» Il aime bien prendre le temps de vivre. Il a sans doute hérité de son père maître-boulangier sa passion pour la cuisine. «J'adore la cuisine, j'aime bien manger et bien boire», confie-t-il, sourire aux lèvres et regard brillant.

En un sens, Rimouski offre à Bjørn Sundby ce qu'il a toujours recherché : la chance de faire de la recherche intéressante, avec des collègues stimulants, dans un milieu de vie agréable. Il admet cependant qu'il n'est pas toujours facile de faire de la recherche en région. «En science, comme dans bien d'autres domaines, il ne faut pas être isolé. La communication est importante et lorsque vous êtes stationné à un endroit comme Rimouski, il faut être prêt à sortir, à voyager pour garder le contact avec la communauté scientifique.» Gageons que ce grand voyageur s'accommode bien de cette «contrainte»!



UAND LES



RECHERCHE

CHAQUE ANNÉE, LES OCÉANS ABSORBENT PRÈS DE LA MOITIÉ DU GAZ
CARBONIQUE PRODUIT PAR LES HUMAINS, SOIT QUELQUE TROIS MIL-
LIARDS DE TONNES DE CARBONE. UNE BONNE PARTIE DE CETTE QUAN-
TITÉ RETOURNE DANS L'ATMOSPHÈRE, MAIS UNE AUTRE, NON MOINS

EFFET DE SERRE

OCÉANS POMPENT LE CO₂

PAR SERGE DEMERS ET JEAN-CLAUDE THERRIault

NÉGLIGEABLE, DISPARAÎT MYSTÉRIEUSEMENT, DÉFINITIVEMENT
SÉQUESTRÉE PAR LES FONDS MARINS. DES CHIFFRES? AUCUN NE PEUT
ÊTRE AVANCÉ AVEC CERTITUDE. TOUTEFOIS, IL SEMBLE DE PLUS EN
PLUS ÉVIDENT QUE LES MERS, PAR L'INTERMÉDIAIRE EN PARTICULIER
DE PROCESSUS BIOLOGIQUES, AURONT LEUR MOT À DIRE SUR L'AUG-
MENTATION DES CONCENTRATIONS DE GAZ CARBONIQUE DANS L'AT-
MOSPHÈRE, ET PAR CONSÉQUENT SUR LE PHÉNOMÈNE DE L'EFFET DE
SERRE ET SUR LE RÉCHAUFFEMENT GLOBAL DE LA TERRE.

MAI - JUIN

INTERFACE

MMXXIII

Qui n'a pas entendu parler des changements climatiques, du réchauffement de la planète, ou encore, de l'«effet de serre»? Ce sont là des termes à la mode qui sont souvent synonymes de catastrophe dans l'esprit du profane. L'expression «effet de serre» ne doit cependant pas être considérée comme désignant un phénomène nécessairement négatif puisque sans cet effet, la température à la surface du globe serait d'environ 33 °C plus froide. L'effet de serre résulte de la présence de gaz dans l'atmosphère, comme le gaz carbonique (le plus important), le méthane, ou encore, les oxydes d'azote. Ces gaz sont appelés «gaz à effet de serre» parce que, de façon similaire aux parois vitrées d'une serre, ils servent à retenir à la surface de la Terre une partie importante de la chaleur contenue dans le rayonnement solaire. Ils contribuent donc à tempérer le climat¹.

Depuis le début de l'ère industrielle, les océans ont absorbé près de la moitié du CO₂ produit par les humains, soit quelque trois milliards de tonnes annuellement.

Des études récentes ont démontré que la température à la surface du globe est directement reliée à la concentration de gaz dans l'atmosphère (*encadré*). En effet, au cours des 100 dernières années, on a noté une augmentation sensible de cette concentration. Par exemple, entre 1958 et 1990, la concentration de gaz carbonique (CO₂) est passée de 315 à 355 ppm, ce qui représente une augmentation de 1,25 ppm par année, comparativement à une augmentation de 0,16 ppm par année pour la période s'étendant de 1740 à 1958². On a donc constaté

une production annuelle de gaz atmosphérique 10 fois plus importante au cours des trois dernières décennies. Cette augmentation correspond à ce qu'on appelle «l'ère industrielle» et est donc en grande partie reliée à l'activité humaine. Chaque année, quelque six milliards de tonnes de carbone sont ainsi relâchées dans l'atmosphère sous forme de gaz carbonique. Cette augmentation des gaz dans l'atmosphère pourrait à plus ou moins brève échéance modifier sensiblement notre climat³.

De nos jours, la modification du climat est considérée comme l'un des problèmes environnementaux les plus graves auxquels doit faire face le genre humain. Le Canada, un pays nordique, sera l'un des pays les plus touchés par cette tendance, qui devrait affecter l'abondance de nos ressources renouvelables (agriculture, forêts et pêches), notre situation énergétique et sans aucun doute notre mode de vie en général. Si, comme les spécialistes le prédisent, le réchauffement global qui s'annonce pour le prochain siècle est réellement de 2 à 5 °C, selon les modèles utilisés, il faut s'attendre à un véritable bouleversement du climat terrestre dont les détails sont encore loin d'être connus.

Le climat constitue donc un aspect fondamental de la nature et de la productivité de notre environnement. Tout changement important devrait entraîner des variations majeures de la productivité globale des écosystèmes. Pour le milieu marin, par exemple, un changement climatique pourrait se traduire par une augmentation de la variabilité interannuelle de la productivité marine, si bien qu'il sera de plus en plus difficile de gérer les ressources exploitables. Durant les périodes de transition, il est presque impossible de prédire la direction des adaptations et les modifications que subiront les communautés biologiques. Par ailleurs, les changements de température à la surface des océans devraient entraîner des modifications importantes de la circulation océanique; celles-ci vont à leur tour modifier la température et les taux d'apport en éléments nutritifs, en particulier dans la zone photique, où la production primaire (photosynthèse) prend place. Comme la température exerce une forte influence sur le métabolisme des organismes végétaux omniprésents dans les eaux superficielles, toute variation de température devrait par conséquent affecter directement les taux de croissance, modifiant ainsi le niveau global des stocks d'organismes disponibles pour la pêche, par exemple.

Les émissions anthropogéniques et naturelles d'aérosols sulfureux peuvent également modifier de façon importante les propriétés réfléchissantes de l'atmosphère en augmentant la concentration de particules aptes à favoriser la formation de nuages.

Des travaux récents suggèrent même que les perturbations atmosphériques résultant des émissions anthropogéniques de sulfates de soufre qui agissent comme noyau de condensation de nuages (NCN), seraient d'amplitudes comparables à celles occasionnées par les émissions de gaz carbonique. Cependant, il en résulterait un refroidissement du climat au lieu d'un réchauffement. Ces résultats soulignent clairement l'importance d'inclure la dynamique des autres gaz, en particulier le soufre, dans les modèles de prédiction des variations climatiques. Le sulfure d'hydrogène (H₂S) fut longtemps considéré comme un composé volatil permettant le transfert du soufre des océans aux continents par l'atmosphère.

Cependant, des chercheurs ont constaté la présence dans l'eau de mer d'un autre composé de soufre volatil, le diméthyle sulfure (DMS). Le DMS provient de la dégradation du diméthylsulfoniopropionate (DMSP), une molécule organique produite en abondance par les dinoflagellés et les prymnésio-phycées, deux importants groupes d'algues phytoplanctoniques. Une fois libéré dans l'atmosphère, le DMS serait rapidement oxydé pour former principalement des dioxydes de soufre (SO₂) et des sulfates (SO₄²⁻), lesquels peuvent agir directement comme noyaux de condensation de nuages. Le DMS peut ainsi représenter jusqu'à 50 p. cent des émissions naturelles de soufre et constituerait la principale source de NCN au-dessus des bassins océaniques. Les facteurs responsables de la production de DMS en milieu marin, de même que l'influence des émissions de DMS sur le climat océanique, restent encore à déterminer.

Actuellement, un chercheur de l'Institut Maurice-Lamontagne, Maurice Levasseur, poursuit des recherches sur le DMS en collaboration avec un autre chercheur de l'Université du Québec à Rimouski, Michel Gosselin. Leurs travaux visent à déterminer les concentrations de DMS dans les eaux côtières arctiques et subarctiques, et à définir les mécanismes (activité bactérienne, broutage par le zooplancton) qui contrôlent la production et la répartition spatiale du DMS dans ces milieux de hautes latitudes. En particulier, ces deux chercheurs poursuivent des études pour déterminer les émissions de DMS par les microalgues des glaces en milieu arctique.



Par ailleurs, il est aujourd'hui reconnu que l'augmentation des émissions anthropogéniques du CO₂ et de certains autres gaz comme les chlorofluorocarbures peut entraîner une diminution importante de l'épaisseur de la couche d'ozone atmosphérique, résultant en un accroissement majeur du rayonnement UV, surtout dans les régions de hautes latitudes. L'Organisation

climatique mondiale a même noté que l'année 1992 avait été la plus catastrophique à cet effet avec des augmentations du rayonnement UV de l'ordre de 16 p. cent dans les régions arctique et antarctique, ainsi qu'au Canada. Cela représente la plus forte augmentation jamais enregistrée depuis la création de cette organisation. L'augmentation du rayonnement UV dans les régions de hautes latitudes pourrait avoir un grand impact sur la biologie des organismes aquatiques à des profondeurs allant jusqu'à 30 m. Les effets observés sur les cellules phytoplanctoniques vont de

dommages affectant gravement l'ADN à des réductions importantes des teneurs en ATP cellulaire (adénosine triphosphate: échangeur d'énergie dans les transformations chimiques) et à une diminution notable du métabolisme de l'azote. D'autres travaux décrivent également des effets marqués du rayonnement UV sur le taux d'assimilation du carbone, les pigments photosynthétiques et la composition spécifique. On a également observé chez les diatomées microalgues de l'Antarctique exposées aux UV une augmentation importante de la proportion de cellules témoignant d'une mise à l'état latent du système (spores de résistance). Le phytoplancton représentant l'élément de base de la productivité et du fonctionnement de tout écosystème marin, il apparaît alors essentiel d'évaluer l'impact potentiel de l'accroissement du rayonnement UV sur la productivité de cet écosystème marin.

Dans le cadre d'une problématique générale axée sur la productivité des diatomées des hautes latitudes, un chercheur de l'Institut Maurice-Lamontagne poursuit un programme qui vise à évaluer les facteurs qui contrôlent la formation des stades de résistance en réponse à l'accroissement du rayonnement UV. Deux hypothèses sont testées: 1) que la formation des stades de résistance est contrôlée par les caractéristiques hydrodynamiques de l'environnement, par l'intermédiaire de l'intensité lumineuse et de la disponibilité des éléments nutritifs et 2) que la formation des spores de résistance est un mécanisme de protection permettant aux diatomées de hautes latitudes de se protéger contre les rayons UV.

PHOTO: J. LAMA / PUBLIPHOTO

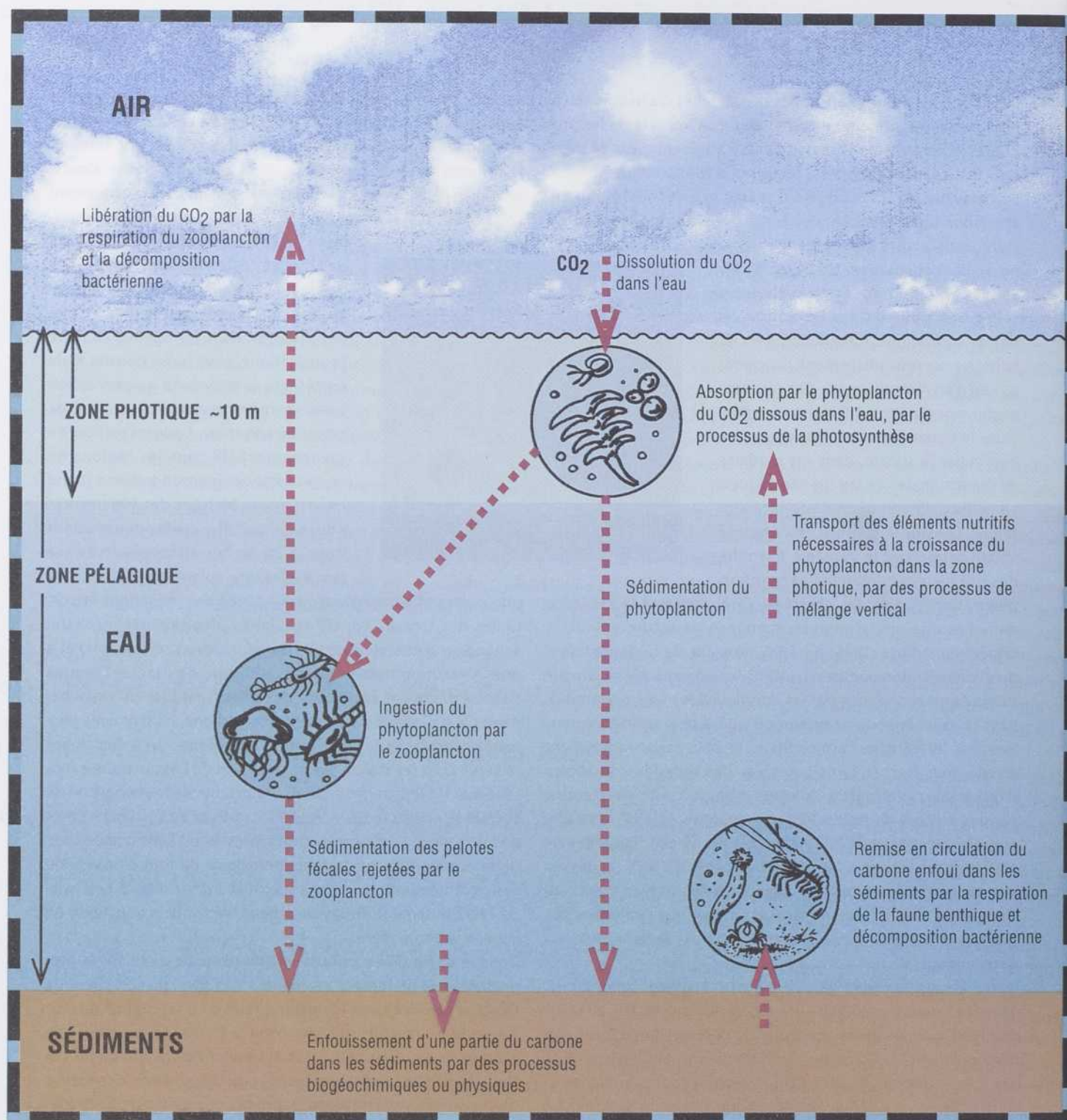


FIGURE 1

PROCESSUS BIOLOGIQUES D'ABSORPTION ET DE SÉQUESTRATION DU CARBONE PAR LES OCÉANS

OUTRE LA CIRCULATION OCÉANIQUE DES GRANDS COURANTS, DES PROCESSUS BIOLOGIQUES FAISANT INTERVENIR LE PHYTOPLANCTON, LE ZOOPLANCTON, LES BACTÉRIES ET LA FAUNE BENTHIQUE PARTICIPENT ÉGALEMENT À L'EXPORTATION DU CO_2 DISSOUS DANS L'EAU VERS LES FONDS MARINS. LE PHYTOPLANCTON AGIT, DE FAIT, COMME UNE VÉRITABLE «POMPE» QUI ABSORBE LE CO_2 , LE CARBONE AINSI ABSORBÉ ÉTANT PAR LA SUITE RECYCLÉ OU SÉQUESTRÉ PAR

LES SÉDIMENTS. CES PROCESSUS FONT L'OBJET D'UNE ATTENTION ACCRUE DE LA PART DES SCIENTIFIQUES DU MONDE ENTIER, PUISQUE SELON CERTAINS MODÈLES ENCORE NON VÉRIFIÉS, CETTE POMPE BIOLOGIQUE POURRAIT TRANSFÉRER VERS LES SÉDIMENTS JUSQU'À 10 FOIS LA QUANTITÉ DE CARBONE PRODUITE PAR LES HUMAINS ET ABSORBÉE PAR LES OCÉANS.

De plus, comme la plupart des espèces marines sont normalement adaptées à des conditions précises de leur environnement, une modification géographique des conditions physicochimiques du milieu (salinité, température, concentration en éléments nutritifs, etc.) devrait également entraîner des changements dans la répartition spatiale des organismes. En somme, toute variation climatique devrait se traduire par des modifications profondes de la productivité et de la distribution des ressources marines en général.

L'Océan et le contrôle du CO₂

Le cycle du CO₂ est un phénomène planétaire très complexe qui fait intervenir des échanges continuels entre l'atmosphère et l'océan. On sait maintenant que les végétaux terrestres et marins (par exemple, les plantes et les algues) représentent les deux grands réservoirs naturels qui ont permis l'absorption des surplus anthropogéniques de CO₂ atmosphérique. Ces deux réservoirs agissent en quelque sorte comme un immense poumon qui permet de régulariser et de tamponner les concentrations de CO₂ atmosphérique.

On estime que les océans ont absorbé près de la moitié du carbone atmosphérique produit par les humains depuis le début de l'ère industrielle, soit quelque trois milliards de tonnes annuellement⁴. Ce carbone se retrouve dans l'océan sous quatre formes dissoutes : la forme bicarbonate (HCO₃⁻), qui est de loin la plus abondante, représentant plus de 90 p. cent de la quantité totale du carbone; les carbonates (CO₃²⁻); le gaz carbonique dissous (CO₂) ainsi que les complexes organiques issus de l'activité biologique, qui constituent les 10 p. cent restants. Parce qu'il recouvre plus de 70 p. cent de la superficie terrestre, le réservoir océanique contient 20 fois plus de carbone que le réservoir terrestre (incluant les plantes, les animaux et la terre elle-même). Des estimés ont démontré qu'une remise en disponibilité de seulement 2 p. cent du carbone contenu dans les océans pourrait doubler le niveau du carbone atmosphérique⁵.

La quantité de CO₂ qui circule entre l'atmosphère et l'océan est généralement en équilibre dynamique constant. Cependant, l'océan possède la capacité de séquestrer pour de très longues périodes de temps une partie importante du CO₂ dissous, contribuant ainsi à diminuer la concentration du CO₂ dans l'atmosphère. Cette séquestration s'effectue principalement de deux façons : 1) par le coulage de masses d'eaux superficielles chargées de carbone vers les grands fonds marins, où elles peuvent séjourner pour de très longues périodes; 2) par l'intermédiaire du processus de production biologique, qui permet l'incorporation photosynthétique du carbone dissous dans des particules organiques. Ces particules peuvent par la suite sédimenter rapidement vers les

fonds océaniques, où le carbone peut être enfoui de façon quasi permanente dans les sédiments.

Le premier processus fait intervenir la circulation océanique des grands courants, tels que le courant du Labrador dans les régions froides du globe terrestre. Comme la solubilité des gaz augmente à basse température, l'entrée ou la fixation du CO₂ dans les eaux océaniques superficielles s'effectue principalement dans les régions tempérées froides et subpolaires (particulièrement dans l'Atlantique Nord). Au cours de leur long voyage autour du globe, ces masses d'eau nordiques plus denses qui sont chargées de CO₂ vont couler vers les grandes profondeurs océaniques en y entraînant leur contenu en carbone. En contrepartie, dans les régions équatoriales, les grandes remontées d'eaux profondes vers la surface (particulièrement dans le Pacifique) et leur réchauffement subséquent conduisent à une remise en disponibilité du CO₂ qui était séquestré dans la masse d'eau profonde. Ces observations correspondent au patron de circulation globale des grandes masses d'eau océaniques, un processus à long terme qui se calcule sur des échelles temporelles très longues (plusieurs centaines d'années). À l'échelle de la planète, ce processus peut se résumer à une incorporation du carbone dans les régions de hautes latitudes et à une libération dans l'atmosphère, dans les zones tropicales. Des estimés suggèrent qu'environ 90 milliards de tonnes de carbone seraient ainsi échangées annuellement. Les deux flux étant bien sûr en équilibre, ce processus de circulation

Le phytoplancton contenu dans les océans agit comme une véritable « pompe » à CO₂.

en lui-même ne contribuerait cependant pas à long terme à une saisie importante de carbone, si ce n'était de la possibilité d'une séquestration par échange avec les sédiments des grands fonds océaniques, séquestration qui dépend des conditions physicochimiques changeantes retrouvées dans ces fonds. Certaines études suggèrent que seulement 3 p. cent du surplus de carbone anthropogénique pourrait ainsi être absorbé⁶.

Le second processus concerne tout d'abord la fixation du CO₂ dissous dans les eaux de surface (par la voie de la photosynthèse) par des végétaux microscopiques appelés *phytoplancton*, et ensuite son transfert rapide vers les eaux profondes par l'intermédiaire de la sédimentation de particules ou d'agrégats organiques (figure 1). En fait, le phytoplancton agit comme une véritable « pompe »

En broutant le phytoplancton, le zooplancton participe également à l'exportation du carbone vers les fonds marins.

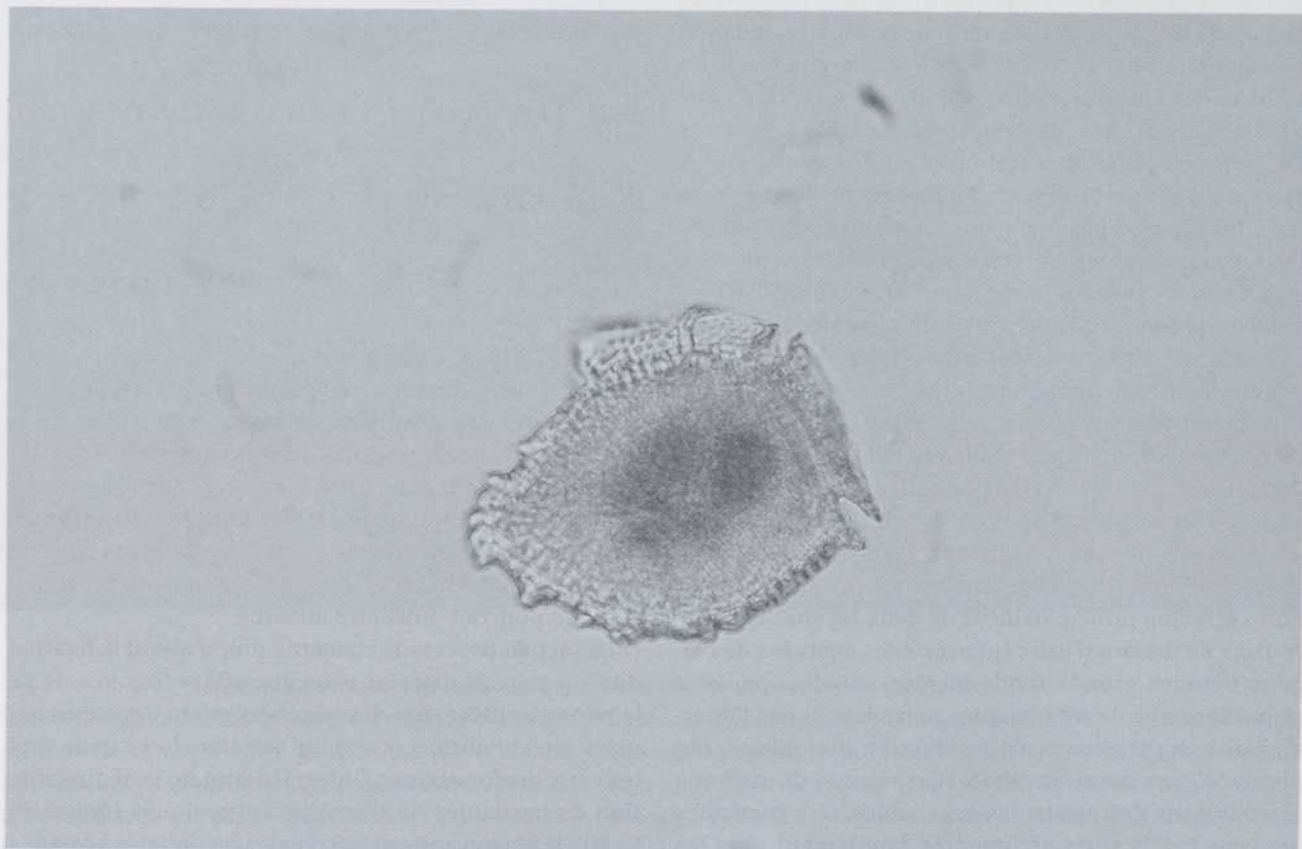
à CO_2 dont l'efficacité dépend de plusieurs facteurs environnementaux⁷ (figure 2). Pour croître, le phytoplancton a besoin de lumière et d'éléments nutritifs. L'énergie solaire qui atteint la surface des océans est rapidement absorbée dans la colonne d'eau et son intensité diminue de façon exponentielle avec la profondeur. Il existe donc une profondeur limite en deçà de laquelle la photosynthèse et, par conséquent, la croissance du phytoplancton ne peuvent plus s'effectuer. Cette couche superficielle où la photosynthèse est possible est appelée «couche photique» et sa limite inférieure correspond très souvent au niveau où l'on observe un fort gradient de densité de l'eau. Il en résulte une stratification de la colonne d'eau, ce qui restreint la circulation verticale. Pour cette raison, les éléments nutritifs (principalement les nitrates)

qui sont nécessaires à la croissance du phytoplancton peuvent rapidement s'épuiser et devenir limitants pour la fixation photosynthétique du CO_2 dissous, s'il n'y a pas apport nouveau. Les sels nutritifs sont cependant abondants dans les eaux plus profondes et ils sont plus ou moins régulièrement ramenés dans la couche photique par différents processus de mélange vertical reliés à l'hydrodynamique de la colonne d'eau (tempêtes, courants de marée, etc.). Ces processus varient énormément au cours d'un cycle saisonnier. Par conséquent, l'exportation du carbone vers les grands fonds océaniques sera favorisée dans certaines régions où des échanges verticaux dynamiques se produisent. La productivité biologique des océans n'est donc pas quelque chose d'uniforme ni de continu, et elle nécessite la présence de conditions hydrodynamiques particulières pour que se retrouvent en même temps l'ensemble des conditions essentielles à la croissance du phytoplancton.

La majeure partie de l'exportation du carbone vers les profondeurs océaniques s'effectue donc au moyen de la fixation photosynthétique du CO_2 inorganique dissous par des cellules phytoplanctoniques de grosse taille (supérieure à 5 μm), suivie d'une sédimentation rapide sous forme de cellules individuelles ou d'agrégats cellulaires. On a émis l'hypothèse que les zones frontales, soit les zones de transition entre une forte et une faible instabilité verticale, de même que les zones de remon-

FIGURE 2

DINOPHYSIS NORVEGICA
LES *DINOPHYSIS NORVEGICA*
SONT DES DINOFLAGELLÉS
QUI FONT PARTIE DU
PHYTOPLANCTON.
CES ALGUES UNICELLULAIRES
MICROSCOPIQUES
CONTRIBUENT DONC À
L'ABSORPTION DU CO_2
DISSOUS DANS L'EAU.
TOUTEFOIS, LEUR
CROISSANCE ET, PAR
CONSÉQUENT, LEUR IMPACT
SUR LE CYCLE OCÉANIQUE
DU CARBONE, DÉPENDENT
FORTEMENT DE L'APPORT EN
ÉLÉMENTS NUTRITIFS
(PRINCIPALEMENT LES
NITRATES) DANS LA ZONE
PHOTIQUE, OÙ LA
PHOTOSYNTHESE A LIEU.



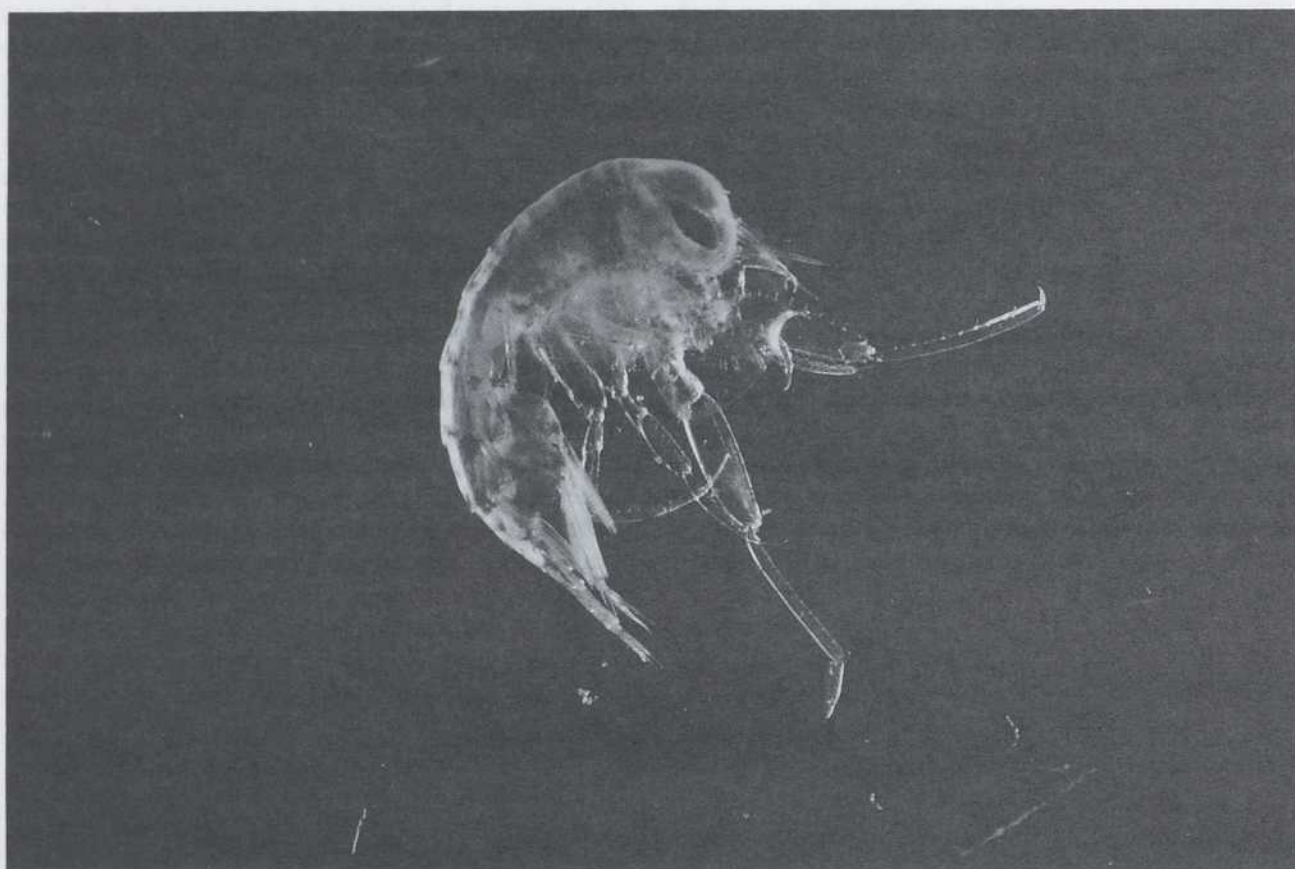


FIGURE 3

AMPHIPODE

EN BROUTANT
LE PHYTOPLANKTON,
LE ZOOPLANKTON,
TEL CET AMPHIPODE,
PARTICIPE À
L'EXPORTATION DU
CARBONE VERS LES
FONDS MARINS. EN
EFFET, SI UNE PARTIE
DU CARBONE EST
RECYCLÉE PAR LA
RESPIRATION DU
ZOOPLANKTON,
UNE AUTRE PARTIE
SÉDIMENTE VERS LE
FOND PAR
L'INTERMÉDIAIRE
DES PELOTES FÉCALES
QU'IL PRODUIT.

EFFET DE SERRE

tées d'eaux profondes, pour ne mentionner que celles-là, possèdent des conditions hydrographiques qui permettraient l'introduction de grandes quantités de sels nutritifs dans les eaux de surface, favorisant ainsi la production nouvelle de grosses cellules phytoplanctoniques qui sont susceptibles de sédimenter rapidement vers les fonds marins.

Outre la sédimentation du phytoplancton, un autre processus permet d'exporter le carbone absorbé vers les fonds marins. En effet, le phytoplancton est également brouté par de petits organismes herbivores, le *zooplankton* (figure 3). Une partie du carbone ainsi absorbé est bien sûr reconvertie en CO_2 par la respiration du zooplankton de même que par décomposition bactérienne. Cependant, une partie importante sédimentera vers le fond des océans sous forme de pelotes fécales. De ce carbone contenu dans les pelotes fécales, une partie est réutilisée et remise en disponibilité au niveau du benthos par la respiration de la faune qu'on y retrouve (incluant la décomposition bactérienne), tandis qu'une autre partie est enfouie en permanence dans les sédiments. Le taux de recyclage varie selon que ce carbone organique se retrouve soit dans des eaux continentales peu profondes et productives, soit dans des régions océaniques profondes et peu productives.

En raison de leur importance potentielle, ces proces-

sus d'exportation et de séquestration du CO_2 atmosphérique font présentement l'objet d'une attention accrue de la part des scientifiques du monde entier, puisque selon les résultats de certains modèles non encore vérifiables, cette pompe biologique pourrait transférer vers les sédiments jusqu'à 10 fois la quantité de carbone produite par les humains et absorbée par les océans⁸.

UNE PRÉOCCUPATION INTERNATIONALE

Il est donc urgent de connaître le destin de l'excédent de CO_2 dans l'atmosphère, d'autant que plusieurs questions restent encore sans réponse. Par exemple, comment s'intègre l'excédent de CO_2 dans le cycle naturel du carbone? Les deux grands réservoirs naturels (les océans et la biomasse terrestre) pourront-ils continuer à absorber l'addition anthropogénique de gaz carbonique et ainsi minimiser les augmentations de température prévues? L'atmosphère et l'océan s'échangent chaque année plusieurs dizaines de milliards de tonnes de carbone sous forme de CO_2 , mais une augmentation additionnelle de gaz carbonique dans l'atmosphère va-t-elle modifier la capacité de l'océan à absorber cet excédent? Autant de questions primordiales auxquelles il faut répondre pour prévoir l'évolution du climat et en cerner les conséquences sur le milieu marin.

PHOTO: J.-F. ST-PIERRE/IML

Dans ce contexte, la communauté scientifique a consenti des efforts importants pour planifier et élaborer des programmes de recherche internationaux comme JGOFS (Joint Global Ocean Flux Study) et WOCE (World Ocean Climate Experiment), qui visent à élucider le problème du fonctionnement du cycle océanique du carbone et, en particulier, à déterminer les taux d'exportation et de séquestration océaniques du CO_2 à grande échelle. Au Canada, un sous-comité JGOFS fut fondé en 1987 afin d'assurer le lien avec le comité international du même nom. À l'automne 1988, répondant à l'invitation du comité JGOFS canadien, quelque 85 océanographes et météorologues canadiens se sont réunis à l'Université McGill afin d'assurer la planification et la coordination des travaux effectués dans le cadre du programme JGOFS. Un consensus unanime émergea autour de l'urgence de développer et de maintenir un programme de recherche sur cette question (Canadian National Programme for the Joint Global Ocean Flux Study, janvier 1990).

de la production biologique et, par conséquent, de l'exportation du carbone vers les fonds marins s'effectue. La séquestration du carbone dans ces eaux est cependant moins certaine puisque la dynamique du système côtier pourrait favoriser une remise en disponibilité rapide du CO_2 .

Le premier thème abordé a trait aux échanges des gaz à la surface des océans. L'objectif principal consiste à estimer les échanges de CO_2 en mesurant directement les processus géochimiques comme la dissolution du CO_2 dans l'eau et l'effet des conditions météorologiques à courte échelle. Le deuxième thème touche la transformation et le transport du carbone dans l'océan. L'accent est mis sur la compréhension des facteurs qui déterminent le fonctionnement de la pompe biologique et sur son influence sur la chimie des océans. Ces études s'effectuent à différents sites présentant des conditions hydrodynamiques différentes les unes des autres (par exemple: mélange vertical intense, zone de remontées d'eaux pro-

FIGURE 4

PLONGEUR ÉCHANTILLONNANT DES ALGUES À LA BASE DE LA GLACE.

POUR L'ENSEMBLE DES HÉMISPHERES NORD ET SUD, LA PRODUCTION D'ALGUES SOUS LA GLACE REPRÉSENTE À ELLE SEULE QUELQUE 50 MILLIONS DE TONNES DE CARBONE. UN IMPORTANT PROGRAMME DE RECHERCHE A ÉTÉ MIS SUR PIED POUR ANALYSER LES FACTEURS QUI INFLUENCENT CETTE PRODUCTIVITÉ.



Le programme de recherche canadien de JGOFS s'articule autour de trois thèmes majeurs et est orienté vers l'étude d'une série de processus physiques, chimiques et biologiques particuliers qui ne sont pas réellement abordés par le programme JGOFS international. Le programme de recherche canadien tire son originalité du fait que les différents processus seront étudiés principalement dans les eaux côtières, où une très grande partie

de la production biologique et, par conséquent, de l'exportation du carbone vers les fonds marins s'effectue. La séquestration du carbone dans ces eaux est cependant moins certaine puisque la dynamique du système côtier pourrait favoriser une remise en disponibilité rapide du CO_2 .

Ces études s'effectuent entre autres dans le golfe du Saint-Laurent et sont poursuivies de façon conjointe par

un groupe de chercheurs de plusieurs universités du Québec (Université McGill, Université Laval, Université du Québec à Rimouski) et des Maritimes (Université Dalhousie et Université Memorial), ainsi que de l'Institut Maurice-Lamontagne (IML) du ministère des Pêches et des Océans. Ce ministère fournit une grande partie du temps de navire nécessaire à la réalisation de ces recherches. Un financement d'appoint par l'intermédiaire du Plan vert permet aux chercheurs de l'IML de participer à ce programme.

Cette recherche vise principalement à étudier les facteurs responsables de la production de grosses cellules phytoplanctoniques facilement exportables par sédimentation en comparaison avec la production de cellules plus petites qui font partie de ce qu'on appelle la « boucle microbienne ». Ces petites cellules ne sédimenteraient pas, mais seraient plutôt recyclées dans la colonne d'eau. Il existe actuellement, en effet, un débat au sujet du devenir de ces petites particules dans la chaîne alimentaire marine. Certains scientifiques prétendent que la quantité de carbone assimilé par le phytoplancton de petite taille serait équivalente à celle du carbone relâché par la respiration des micro-organismes (protozoaires, ciliés, flagellés, etc.) qui s'en nourrissent. Le bilan serait donc nul. Cependant, d'autres pensent que le phytoplancton de petite taille contribuerait de façon indirecte à l'exportation du carbone vers les fonds marins. En effet, en broutant le phytoplancton, le zooplancton excrète des produits, comme de l'ammoniaque (NH_4), qui pourraient favoriser la croissance des grosses cellules planctoniques capables de sédimerter rapidement, contribuant ainsi à l'exportation du carbone vers les fonds marins. Récemment, d'autres chercheurs de l'IML se sont joints au projet JGOFS pour effectuer des travaux conjoints et complémentaires sur la remise en circulation du carbone assimilé par la dégradation enzymatique (décomposition microbienne), sur la respiration des organismes, sur le transfert rapide du carbone vers les fonds océaniques et sur les taux de transport à l'interface eau/sédiments marins. Il est prévu que les connaissances acquises seront intégrées dans un modèle du flux de carbone et d'azote pour le golfe du Saint-Laurent.

Quoique très peu de données soient actuellement disponibles (le programme de recherche n'ayant débuté qu'à l'été 1992), nos résultats semblent confirmer qu'une bonne partie de la sédimentation du carbone s'effectue par l'intermédiaire de grosses cellules phytoplanctoniques. Nous avons de plus observé, au cours d'une mission en décembre 1992, une importante floraison de ces dernières durant une période pourtant considérée comme peu propice à l'activité biologique. Cela permet de croire que le carbone peut être exporté vers les fonds marins en dehors des périodes dites productives. Toutefois, bien que le taux de sédimentation observé soit relativement important, il est encore trop tôt pour pouvoir quan-

tifier la portion du carbone sédimenté qui est réellement séquestrée dans les sédiments du golfe.

Par ailleurs, nous avons aussi observé une production non négligeable de petites cellules phytoplanctoniques. Cette observation étaye donc l'hypothèse selon laquelle la boucle microbienne jouerait un certain rôle, que cela soit directement par sédimentation des pelotes fécales ou indirectement par l'action des produits excrétés par les petites cellules phytoplanctoniques sur les grosses cellules.

LES MERS RECOUVERTES DE GLACES ET LE CONTRÔLE DU CO_2

Contrairement aux croyances populaires, les régions polaires recouvertes de glaces annuelles ne sont pas des zones désertiques. En effet, le dessous de la glace est colonisé par une grande variété d'algues et d'animaux microscopiques qui ont une influence importante sur le cycle du CO_2 (figure 4).

Les glaces annuelles recouvrent 5 p. cent de l'hémisphère Nord et 8 p. cent de l'hémisphère Sud, et la production biologique annuelle totale de ces environnements par photosynthèse est évaluée à environ 600 millions

Le dessous des glaces est colonisé
par une grande variété d'algues
et d'animaux microscopiques qui
ont une influence importante sur
le cycle du CO_2 .

de tonnes de carbone. Or la production annuelle des micro-algues associées à la glace représente environ 25 p. cent de cette production, soit quelque 150 millions de tonnes de carbone. Dans les zones de hautes latitudes comme les régions polaires, la population zooplanctonique et la respiration de cette dernière étant réduites, le transfert de matière organique particulière vers les niveaux supérieurs de la chaîne alimentaire est relativement faible. Cela pourrait donc conduire à un fort taux d'exportation vers les fonds marins et, éventuellement, de séquestration du carbone biogénique¹⁰.

Étant donné l'importance de la production des algues de glace pour le réseau trophique nordique et le cycle global du carbone, un important programme de recherche a été mis sur pied. Au Canada et plus particulièrement

FIGURE 5

ÉCHANTILLON DE GLACE

L'INTENSE COLORATION DANS LES DERNIERS CENTIMÈTRES DE CET ÉCHANTILLON TÉMOIGNE DE LA CROISSANCE D'ALGUES MICROSCOPIQUES À LA BASE DE LA GLACE. LA LUMIÈRE ÉTANT PROBABLEMENT LE FACTEUR CRITIQUE, LA PÉRIODE DE CROISSANCE DE CES ORGANISMES NE PEUT COMMENCER QU'AU DÉBUT DU PRINTEMPS, QUAND LA NEIGE QUI RECOUVRE LA GLACE COMMENCE À FONDRE. LA PRODUCTION D'ALGUES SE TERMINANT, PAR AILLEURS, À LA FONTE DES GLACES ELLES-MÊMES, LA PÉRIODE DE CROISSANCE EST DONC TRÈS COURTE. ELLE EST TOUTEFOIS INTENSE, COMME EN TÉMOIGNENT LES TENEURS ÉLEVÉES EN CHLOROPHYLLE DES MICROALGUES DES GLACES.



au Québec, des chercheurs de différentes universités (Laval, McGill, du Québec à Rimouski, de Montréal) et du ministère des Pêches et des Océans (en particulier de l'IML) se sont associés depuis plus de 10 ans pour étudier les facteurs qui contrôlent la productivité des glaces de première année (glaces qui fondent annuellement) dans les régions arctiques. Ces travaux ont principalement été effectués dans la baie d'Hudson et sont maintenant reconnus internationalement.

Les résultats démontrent une croissance importante d'algues à la base de la glace, où l'on peut observer une intense coloration dans les derniers centimètres (figure 5).

Pour ces organismes, la lumière est probablement le facteur critique. L'intensité à la base de la glace est faible et représente environ 0,02 p. cent de la lumière incidente qui arrive à la surface. La période de croissance débute dès que l'intensité lumineuse est supérieure à un certain seuil critique (pour la baie d'Hudson, ce seuil s'établit à $7,6 \mu\text{Einst.m}^{-2}\text{s}^{-1}$), soit au début du printemps quand la neige qui recouvre la glace commence à fondre. La croissance se termine à la fonte des glaces à la fin du printemps. Toutefois, bien qu'elle se fasse sur une courte période, la croissance des algues n'en est pas moins intense. En effet, durant la période productive, les biomasses peuvent at-

teindre jusqu'à plusieurs centaines de milligrammes de chlorophylle par mètre cube; la chlorophylle sert à estimer la production de biomasse par photosynthèse. Ces quantités représentent une importante fraction de la biomasse végétale (producteur primaire) des écosystèmes polaires, où les concentrations en chlorophylle dans la colonne d'eau sont généralement faibles (souvent inférieures à 1 mg/m³). Nos résultats démontrent, de plus, que la majorité de cette production d'algues sédimente rapidement au moment de la fonte des glaces, exportant ainsi vers le fond le carbone assimilé.

Toutefois, durant cette période, le broutage par le zooplancton peut être très actif. Par exemple, dans la baie d'Hudson, un tiers du matériel sédimenté sous les glaces résulte en fait de matières fécales issues du broutage de gros herbivores à l'interface eau-glace. Nos résultats démontrent également que la proportion de la biomasse d'algues qui sera exportée vers le fond et séquestrée dépend fortement des conditions locales (température, épaisseur de la neige, courants, etc.) et peut donc être très variable. Quoi qu'il en soit, plusieurs travaux suggèrent que l'océan Arctique pourrait jouer un rôle majeur dans le cycle global du carbone par la voie des processus que nous venons de décrire. Cependant, il semble que ces processus n'aient pas encore été suffisamment étudiés à des échelles temporelles et spatiales appropriées pour en arriver à une compréhension globale du cycle du CO₂.

Une importante collaboration s'est également développée avec un groupe de chercheurs japonais dans le but d'étudier le fonctionnement de la pompe biologique à CO₂ dans des régions couvertes de glaces annuelles. Ces études se sont effectuées à la lagune de Saroma-Ko, au nord du Japon bordé par la mer d'Okhotsk, et à Resolute Passage, dans l'Arctique canadien. Saroma-Ko représente l'un des endroits le plus au sud où l'on retrouve de la glace d'eau de mer de première année, tandis que Resolute Passage représente l'un des endroits le plus au nord.

Les résultats obtenus à ce jour confirment les observations faites dans la baie d'Hudson, à savoir: une période de croissance des algues très courte, mais très intense; une importante activité de broutage par le zooplancton et une forte sédimentation des algues au moment de la fonte printanière.

Les résultats qui ont été ou seront obtenus dans le cadre de ces diverses études devraient nous permettre de mieux prédire les conséquences de l'effet de serre sur l'environnement marin et sur la disponibilité des ressources halieutiques qui en dépendent. Toutefois, beaucoup de questions doivent encore être élucidées avant l'élaboration d'un modèle permettant la quantification des différentes voies d'entrée et de sortie du carbone dans la chaîne alimentaire marine et vers les fonds marins sous le couvert glacé ou dans les régions côtières.

SERGE DEMERS EST CHERCHEUR ET CHEF DE LA SECTION PRODUCTION PRIMAIRE DE LA DIVISION D'OCÉANOGRAPHIE BIOLOGIQUE À L'INSTITUT MAURICE-LAMONTAGNE (IML), SITUÉ À MONT-JOLI. IL EFFECTUE DES RECHERCHES DANS LE CADRE DU PROGRAMME «FLUX DE CARBONE ET VARIATIONS CLIMATIQUES». IL EST AUSSI PROFESSEUR ASSOCIÉ À L'UNIVERSITÉ LAVAL ET À L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À RIMOUSKI (UQAR).

JEAN-CLAUDE THERRIault EST CHERCHEUR ET CHEF DE LA DIVISION D'OCÉANOGRAPHIE BIOLOGIQUE À L'IML. IL EST ÉGALEMENT PROFESSEUR ASSOCIÉ À L'UNIVERSITÉ LAVAL ET À L'UQAR.

RÉFÉRENCES

1. *La Recherche*, numéro spécial sur l'effet de serre, n° 243, mai 1992.
2. REELING, C.D. *Aspects of Climate Variability in the Pacific and Western Americas*, American Geophys. Union Geophysical Monograph, vol. 55, 1989, p. 165-236.
3. DUCKLOW, H.W. «Joint Global Ocean Flux Study», The 1989 North Atlantic Bloom Experiment, *Oceanography*, vol. 2, 1989, p. 4-9.
4. SUNDQUIST, E.T. «Geological Perspectives on Carbon Dioxide and the Carbon Cycle», *The Carbon Cycle and Atmospheric CO₂: Natural Variations Archean to Present*, E.T. Sundquist et W.S. Broecker éd., American Geophys. Union Geophysical Monograph, vol. 32, 1985, p. 5-59.
5. MYSAR, L.A., LIN, C.A. *Planet Under Stress. The Challenge of Global Change*, C. Margull et D.J. McLaren éd., Presses de l'Université d'Oxford, 1990, p. 143-148.
6. DYRSSEN, D. *Measures to Protect the Earth Atmosphere*, Study Commission of the German Bundestag, 1990, 8 pages.
7. VOLK, T., HOFFERT, M.I. «Ocean Carbon Pumps: Analysis of Relative Strengths and Efficiencies in Ocean-driven Atmospheric CO₂ Changes», *The Carbon Cycle and Atmospheric CO₂: Natural Variations Archean to Present*, E.T. Sundquist et W.S. Broecker éd., American Geophys. Union Geophysical Monograph, vol. 32, 1985, p. 99-110.
8. VOLK, T., HOFFERT, M.I. *Op. cit.*, p. 7.
9. CALVERT, S.E., DENMAN, R.L., LEWIS, M.R., MANN, R.H., PLATT, T., VÉZINA, A.E., YONG, C.S. «Canadian National Programme for the Joint Global Ocean Flux Study», janvier 1990, 134 pages.
10. LEGENDRE, L. et al. «Ecology of Sea Ice Brita 2: Global Significance», *Polar Biol.*, vol. 12, 1992, p. 429-444.



McGill

FACULTÉ DES ÉTUDES SUPÉRIEURES ET DE LA RECHERCHE

Pour consolider vos plans de carrière nous offrons des programmes de doctorat et de maîtrise et quelques programmes de diplôme de deuxième cycle dans les disciplines suivantes:

- Administration et politiques scolaires
- Allemand
- Anatomie
- Anglais
- Anthropologie
- Architecture
- Bibliothéconomie et sciences de l'information
- Biochimie
- Biologie
- Chimie
- Chirurgie expérimentale
- Classiques
- Communications
- Counselling
- Didactique des arts
- Didactique et programmes d'études
- Diététique et nutrition humaine
- Droit aérospatial
- Droit comparé
- Économie agricole
- Éducation physique
- Enseignement des langues secondes
- Enseignement religieux et philosophie de l'éducation
- Entomologie
- Épidémiologie et biostatistique
- Études hispaniques
- Études islamiques
- Études religieuses
- Études juives
- Génétique humaine
- Génie biomédical
- Génie agricole
- Génie minier et métallurgique
- Génie chimique
- Génie électrique
- Génie mécanique
- Génie civil
- Géographie
- Géologie
- Gestion
- Histoire
- Histoire de l'art
- Informatique
- Italien
- Langue et littérature françaises
- Linguistique
- Littérature comparée
- Mathématiques et statistique
- Médecine expérimentale
- Microbiologie et immunologie
- Microbiologie
- Musique
- Neurologie
- Parasitologie
- Pathologie
- Pharmacologie
- Philosophie
- Physiologie
- Physiothérapie et ergothérapie
- Physique
- Physique de radiologie médicale
- Phytotechnie
- Psychiatrie
- Psychoéducation
- Psychologie
- Ressources renouvelables
- Russe
- Santé au travail
- Science économique
- Sciences atmosphériques et océaniques
- Sciences de l'alimentation/chimie agricole
- Sciences de la communication humaine
- Sciences infirmières
- Sciences politiques
- Service social
- Sociologie
- Urbanisme
- Zootechnie

COUPON-RÉPONSE

Veuillez me faire parvenir de l'information sur le programme de

☐ Doctorat

☐ Maîtrise

☐ Diplôme, 2e cycle

dans les disciplines suivantes:

1.

2.

3.

☐ Un formulaire de demande d'admission

Retourner à:

Faculté des Études supérieures

et de la Recherche

Pavillon Dawson,

bureau 313

853, rue Sherbrooke ouest

Montréal, Québec

H3A 2T6

Nom

Adresse

Ville/Province

Téléphone: (514) 398-3990

Télécopieur: (514) 398-6283

Code postal

À l'hôpital Notre-Dame le remède aux déchets biomédicaux est administré par une ancienne de l'UQAM



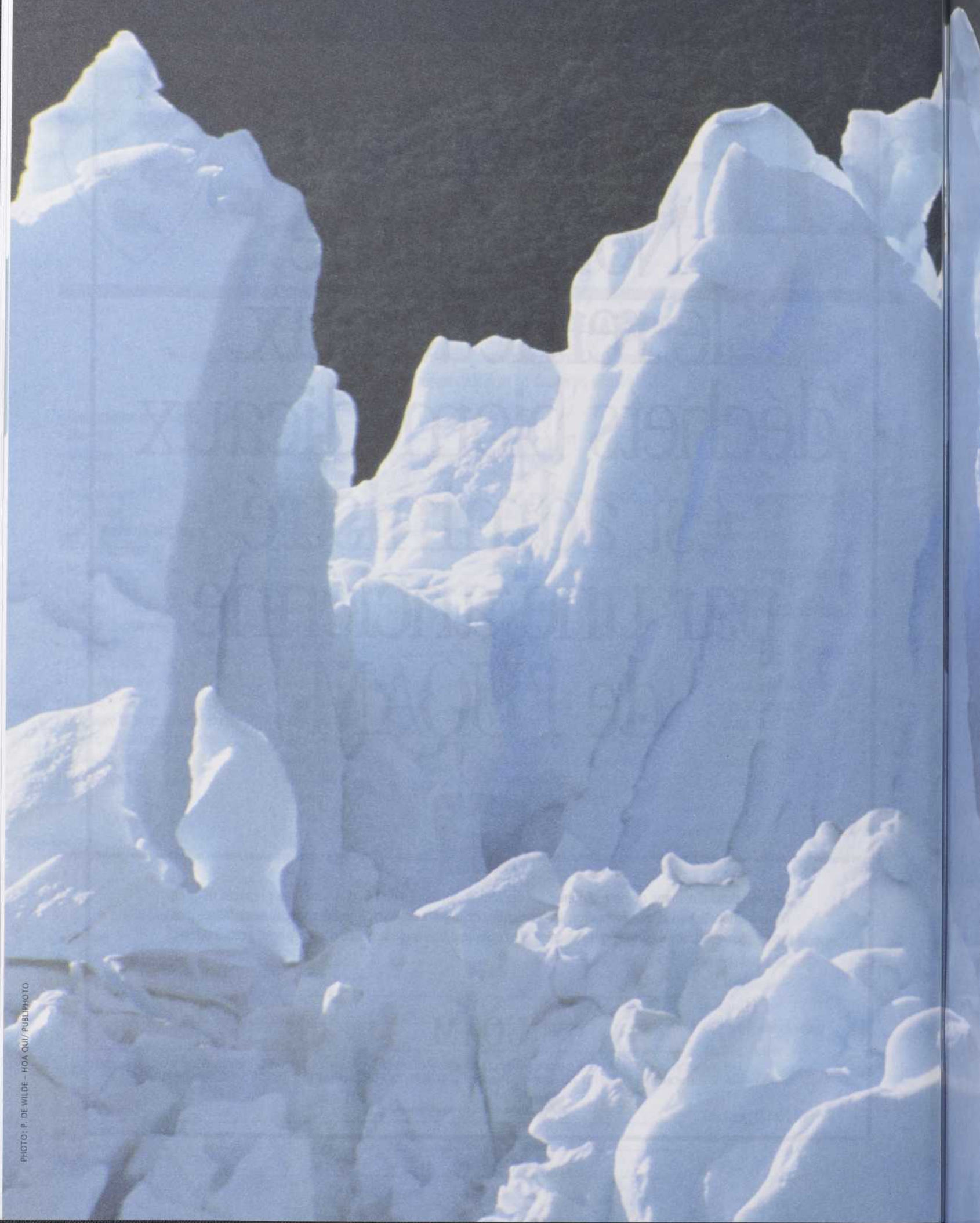
Des solutions aux maux de notre époque, les anciens et anciennes de l'UQAM sont bien préparés pour en trouver. Bénéficiant d'une formation très soignée, exposés aux disciplines de pointe, sensibilisés aux pressantes questions d'éthique qui se posent, ils ressentent une saine urgence d'agir, ils sont prêts à opérer.

UQAM

LA FONDATION DE L'UQAM OFFRE CHAQUE ANNÉE DES BOURSES D'ÉTUDES D'UNE VALEUR DE 1 000 \$ À 7 000 \$
RENSEIGNEMENTS: TÉLÉPHONEZ AU 987-3121 OU PRÉSENTEZ-VOUS AU: 870, BOUL. DE MAISONNEUVE EST, LOCAL T-3600, MONTRÉAL



Université du Québec à Montréal



REC
RECHERCHE

S.O.S. glaciers?

EFFET DE SERRE

PAR ANNE DE VERNAL

LE RÉCHAUFFEMENT GLOBAL QUE POURRAIT PROVOQUER

LE PHÉNOMÈNE DE L'EFFET DE SERRE FERA-T-IL FONDRE

LES GLACIERS OU, AU CONTRAIRE, LES FERA-T-IL CROÎTRE?

QUESTION FACILE? DÉTROMPEZ-VOUS. CAR POUR RÉPONDRE,

UN REGARD SUR LE PASSÉ GÉOLOGIQUE DE LA TERRE ET SUR

LA DYNAMIQUE DES GLACIERS S'IMPOSE. ET CE REGARD NOUS

RÉSERVE UNE BELLE SURPRISE!

L'augmentation de la concentration du CO₂ dans l'atmosphère, à la suite des activités humaines, est un fait indéniable et l'effet de serre qui en résulte aura certainement un impact sur le climat. Dans cette perspective, on a développé plusieurs modèles de simulation climatique, qui prévoient tous une augmentation importante de la température globale de la planète.

Si ce réchauffement n'est pas nécessairement dramatique, il devient néanmoins très préoccupant lorsque

de refroidissement plus ou moins prolongées. Le refroidissement global enregistré cette année après l'éruption volcanique du Pinatubo fournit un exemple de la variabilité climatique à court terme. Les tendances climatiques récentes ne sont donc pas univoques : elles rendent probablement compte de l'effet de serre, mais les paramètres en cause sont complexes et les différents mécanismes en jeu dans le système climatique ne sont pas encore parfaitement intégrés aux modèles.

Les relations entre la température et le comportement des glaciers paraissent également difficiles à définir sur la base des observations réalisées depuis le début du siècle. Parmi près de 450 glaciers alpins recensés, la moitié étaient en progression à la fin des années 1970. Des données plus récentes, obtenues par satellite, révèlent que l'étendue moyenne annuelle du couvert de neige dans l'hémisphère Nord a fluctué entre 23 et 29 millions de kilomètres carrés de 1967 à 1987, sans que des relations univoques avec les variations de température puissent être démontrées (*figure 1B*). Bien que les calottes antarctique et groenlandaise soient sous observation depuis plusieurs années, il n'est pas encore possible de retracer avec certitude des changements récents de leur volume respectif.

Dans l'hypothèse d'un doublement du CO₂ atmosphérique, le réchauffement climatique dépassera certainement les variations de température qui ont pu être mesurées au cours des cent dernières années. En effet, bien que l'amplitude du réchauffement à l'échelle globale soit incertaine, les projections climatiques rendent compte d'une augmentation de la température moyenne annuelle de 1,9 à 5,2 °C selon les modèles^{1,2}. Toutes les simulations prévoient, par ailleurs, que le réchauffement sera plus accentué aux hautes latitudes que dans les régions intertropicales, et plus marqué en hiver qu'en été. La plupart des simulations indiquent aussi des précipitations hivernales accrues aux moyennes et hautes latitudes, mais les résultats ne permettent guère de prédictions pour ce qui concerne l'accumulation neigeuse, à plus forte raison pour ce qui a trait au volume des calottes glaciaires.

Dans l'état actuel des connaissances, ni les observations récentes ni les modèles de simulation climatique ne fournissent donc de réponses satisfaisantes relativement aux variations à moyen et à long terme du volume des glaciers continentaux sous l'effet d'un réchauffement global.

Le dernier interglaciaire constitue le plus récent épisode « chaud » de l'histoire géologique pouvant servir de référence dans la perspective d'un réchauffement global.

l'on envisage ses effets possibles sur la cryosphère, en particulier sur les calottes glaciaires. La fonte de la seule calotte groenlandaise entraînerait une élévation du niveau marin d'environ 6 m. Les populations des régions côtières, canadiennes ou autres, sont donc directement touchées par cette question. Il devient ainsi impératif de comprendre les mécanismes régissant le système climatique et la dynamique glaciaire afin de parvenir à établir des projections réalistes de l'environnement dans lequel vivront les générations futures.

QUE SAIT-ON DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE ET DE SON EFFET SUR LES GLACIERS ?

Depuis le début de l'ère industrielle, la concentration du CO₂ atmosphérique est passée de 280 ppm à 360 ppm, soit une augmentation de près de 30 p. cent. Cette période est également marquée par une augmentation de près de 0,5 °C de la température moyenne annuelle à l'échelle globale (*figure 1A*). Cependant, les courbes de température illustrent une grande variabilité interannuelle et un réchauffement interrompu par des phases

LE PASSÉ GÉOLOGIQUE DE LA TERRE PEUT-IL FOURNIR UNE RÉPONSE ?

En étudiant le passé de notre planète, en deçà de la période industrielle ou de l'apparition de l'homo sapiens, les géologues et paléoclimatologistes ont pris conscience de l'extrême variabilité du climat et de la récurrence de fluctuations glaciaires de grande amplitude^{3,4,5} (figure 2). Il y a environ 50 millions d'années, une faune et une flore de type subtropical existaient dans l'Arctique canadien. Depuis cette époque « paradisiaque » où l'Homme était exclu, la planète a connu de grands changements climatiques et biogéographiques. Après une phase de refroidissement irrégulière, le système terrestre est finalement entré dans une « ère glaciaire » il y a environ 2,4 millions d'années. Depuis, la planète a fait l'expérience de fluctuations du volume des glaces continentales, dont l'amplitude s'est accentuée depuis 700 000 ans, en particulier dans l'hémisphère Nord. Des périodes dites « glaciaires » et « interglaciaires » se sont succédé selon un rythme dépendant des paramètres orbitaux de la Terre (excentricité, obliquité de l'écliptique et précession) qui régissent la distribution saisonnière et latitudinale de l'insolation.

Lors du dernier maximum glaciaire, il y a 18 000 ans, l'hémisphère Nord portait le poids de près de 50 millions de kilomètres cubes de glace, le niveau de la mer était de plus de 100 m en dessous du niveau actuel et les températures globales étaient de 4 à 6 °C inférieures à celles d'aujourd'hui. L'inlandsis laurentidien couvrait alors le nord-est de l'Amérique du Nord⁶ (figure 3). En revanche, pendant le dernier interglaciaire (140 000 à 115 000 ans), le volume de la calotte groenlandaise aurait diminué de façon importante : un niveau marin de 6 m supérieur à l'actuel a notamment été enregistré il y a environ 125 000 ans. Le dernier interglaciaire se singularise également par un optimum climatique, soit par des températures qui auraient été de 2 à 5 °C plus élevées qu'aujourd'hui dans certaines régions tempérées et subpolaires de l'hémisphère Nord.

L'histoire géologique de la Terre fournit donc des exemples de situations climatiques et glaciaires extrêmes, exemples qui paraissent nécessaires à la compréhension de la dynamique du climat et de la cryosphère à moyen et à long terme. De ce point de vue, le dernier interglaciaire présente un intérêt particulier puisqu'il constitue le plus récent épisode « chaud » de l'histoire géologique pouvant servir de référence dans la perspective d'un réchauffement global.

COMMENT EXTRAIRE LES RENSEIGNEMENTS PALÉOCLIMATIQUES DU PASSÉ GÉOLOGIQUE ?

En l'absence de machine à voyager dans le temps aux fins de mesures directes de la température et du volume des glaces, il a été nécessaire de concevoir des métho-

dologies permettant de retracer les changements environnementaux à partir des archives sédimentaires. Parmi ces archives, les fonds marins sont une source formidable d'information puisque s'y accumulent, de façon continue, les vestiges sédimentaires et biologiques du passé. Les progrès technologiques réalisés en matière de forage océanique depuis le milieu du siècle ont donc constitué un important jalon dans la recherche (figure 4).

Le déchiffrement du message sédimentaire est cependant loin d'être simple. Un premier écueil est la mesure de la dimension temps, laquelle relève de la compétence des géochronologues. L'autre écueil est évidemment la mesure des paramètres environnementaux qui nous intéressent. Pour ce qui concerne l'étude de sédiments marins, on utilise couramment deux principales approches méthodologiques afin de reconstituer des paléoenvironnements : la micropaléontologie et la géochimie isotopique.

La micropaléontologie est une discipline qui remonte à l'Antiquité et dont la véritable naissance est liée à la

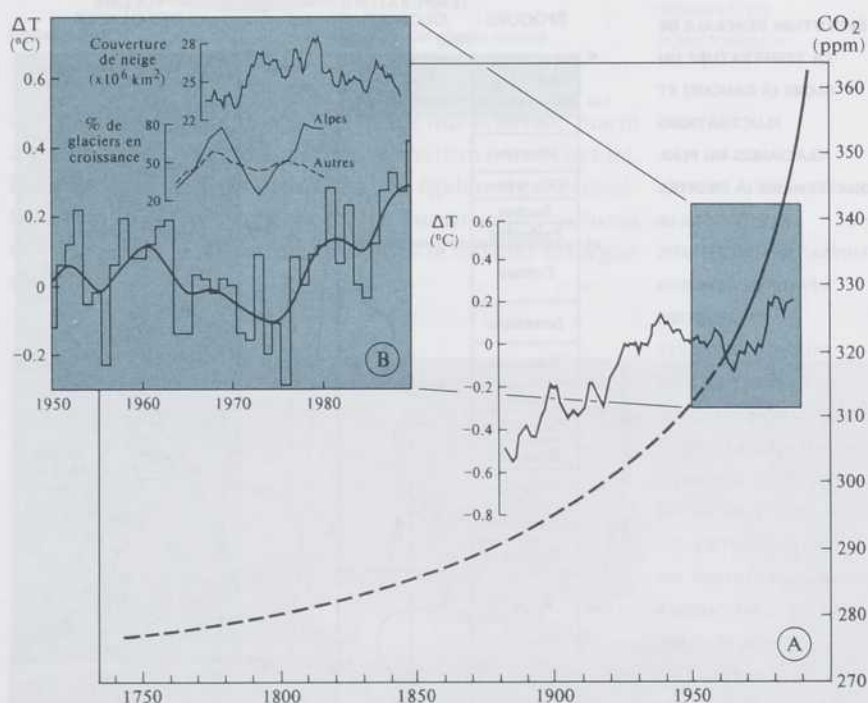


FIGURE 1

1A ÉVOLUTION DES CONCENTRATIONS DU CO₂ ATMOSPHÉRIQUE DEPUIS 1750 ET DE LA TEMPÉRATURE MOYENNE ANNUELLE AU COURS DU DERNIER SIÈCLE. LE TRAIT PLEIN REPRÉSENTE LES VALEURS DE CONCENTRATION DU CO₂ DANS L'ATMOSPHÈRE (EN PARTIES PAR MILLION — PPM) MESURÉES À LA STATION DE MAUNA LOA À HAWAÏ; LE TRAIT TIRÉTÉ REPRÉSENTE DES MESURES EFFECTUÉES SUR DES BULLES D'AIR PIÉGÉES DANS LA GLACE. LES VARIATIONS DE TEMPÉRATURE SONT EXPRIMÉES EN DIFFÉRENCES PAR RAPPORT À LA PÉRIODE DE RÉFÉRENCE (1950 - 1979).
1B VARIATIONS DE LA TEMPÉRATURE MOYENNE ANNUELLE, DE L'ÉTENDUE DE LA COUVERTURE NEIGEUSE (OBSERVATION PAR SATELLITE) DANS L'HÉMISPHÈRE NORD ET DU POURCENTAGE DE GLACIERS AYANT ENREGISTRÉ DES BILANS DE MASSE POSITIFS AU COURS DES DERNIÈRES DÉCENNIES. LES DONNÉES REPORTÉES SUR LA FIGURE ONT ÉTÉ PUBLIÉES DANS PLUSIEURS OUVRAGES DE RÉFÉRENCE (VOIR CEUX DE M.E. SCHLESINGER ET A. BERGER).



découverte du microscope par un certain Antoine van Leeuwenhoek, en 1660. Le développement de la micropaléontologie est en effet tributaire des techniques microscopiques puisqu'elle consiste dans l'observation de fossiles de très petite taille (1 à 1000 μm), invisibles à l'œil nu. Or les fonds marins sont des cimetières renfermant les vestiges des organismes planctoniques à la source de la chaîne alimentaire des environnements océaniques. Un centimètre cube de sédiment peut contenir des millions d'individus appartenant à plusieurs espèces d'algues unicellulaires et de protozoaires. Il est ainsi possible de procéder à de véritables analyses des populations fossiles à travers la lorgnette d'un microscope. La connaissance des affinités écologiques des micro-organismes permet, par analogie, de retracer les conditions qui régissaient le milieu de vie des microfossiles au moment de leur sédimentation.

Plusieurs générations de micropaléontologues ont ainsi contribué à la connaissance des changements cli-

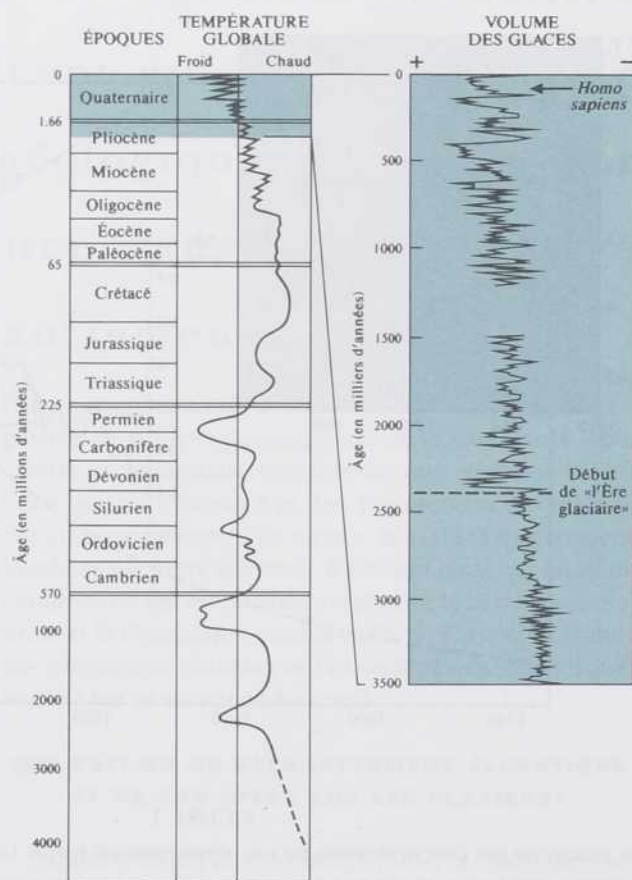
d'approches quantitatives dites « fonctions de transfert » a constitué une des grandes contributions dans le domaine de la paléoclimatologie (*encadré*). Ces fonctions de transfert exploitent les relations mathématiques qui existent entre la distribution actuelle d'une variable déterminante (la température, par exemple) et celle d'une variable dépendante (les espèces qui forment un assemblage microfossile, par exemple). Elles permettent de préciser en termes de degrés Celsius la température d'épisodes du passé à partir des assemblages microfossiles. La distribution des foraminifères planctoniques, des protozoaires dont la coquille carbonatée est fossilisable, a servi de base aux premières fonctions de transfert, mises au point par John Imbrie et Nilva Kipp en 1971⁷. Depuis, d'autres fonctions de transfert ont été établies. À la fin des années 1980, Joël Guiot proposait des reconstitutions de la température et des précipitations en milieu terrestre au moyen de l'exploitation de la distribution du pollen issu de la végétation⁸. Plus récemment, nous avons conçu, en collaboration avec Joël Guiot et Jean-Louis Turon, une méthodologie similaire en utilisant la distribution des kystes organiques de dinoflagellés — des micro-organismes pour la plupart marins — pour retracer les variations de la température et de la salinité saisonnière ainsi que la durée hivernale du couvert de glace de mer dans les bassins subarctiques (*figures 5 et 6*).

Parallèlement aux travaux entrepris par les micropaléontologues, les géochimistes ont sans doute réalisé les progrès les plus importants de ce siècle dans le domaine de la paléoclimatologie. Les travaux d'Harold Urey dans les années 1940, qui portaient sur la thermodynamique relative au fractionnement des isotopes stables mesurés par spectrométrie de masse, ont contribué à de nombreuses applications en sciences de la Terre. En particulier, on a découvert que les équilibres qui régissent les échanges d' H_2O à l'interface océan-atmosphère s'accompagnent d'un fractionnement des isotopes stables de l'oxygène et de l'hydrogène qui varie selon la température. Ainsi, la composition isotopique ($\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^2\text{H}$) de la vapeur d'eau et des précipitations, appauvrie en isotopes lourds par rapport à l'eau des océans, est-elle d'autant plus faible que la température est basse. Sur cette base, W. Dansgaard a proposé une équation permettant de calculer la température à partir de la composition isotopique des précipitations sous forme de pluie ou de neige.

On peut maintenant tracer des courbes des paléotempératures du Groenland et de l'Antarctique grâce à l'analyse isotopique de la glace échantillonnée par forage dans les calottes glaciaires. Par ailleurs, la quantité d'eau appauvrie en isotopes lourds et stockée sous forme de glace sur les continents rend compte d'un enrichissement isotopique de l'eau des océans. La variation de la composition isotopique de l'eau de mer constitue ainsi une mesure des fluctuations du volume des calottes gla-

FIGURE 2

ÉVOLUTION GÉNÉRALE DE LA TEMPÉRATURE DU GLOBE (À GAUCHE) ET FLUCTUATIONS GLACIAIRES DU PLIO-QUATÉNAIRE (À DROITE). LES VARIATIONS DE TEMPÉRATURE SONT ESTIMÉES À PARTIR DE NOMBREUX INDICATEURS PALÉONTOLOGIQUES ET PALÉOFLORISTIQUES. LES FLUCTUATIONS GLACIAIRES SONT RETRACÉES À PARTIR DE LA COMPOSITION ISOTOPIQUE DES COQUILLES CARBONATÉES DE FORAMINIFÈRES, DES OUVRAGES DE SYNTHÈSE SUR LA PALÉOCLIMATOLOGIE À L'ÉCHELLE DES TEMPS GÉOLOGIQUES ONT ÉTÉ PUBLIÉS NOTAMMENT PAR L.A. FRANKS¹, ET PLUS RÉCEMMENT PAR T.S. CROWLEY ET G.R. NORTH².



matiques en reconstituant notamment les variations de température du milieu marin en référence au domaine de tolérance thermique des micro-organismes fossilisés dans le sédiment. La plupart des reconstitutions ont été réalisées sur des bases déductives ou empiriques. Toutefois, depuis le début des années 1970, le développement

cières continentales (plus l'eau est riche en isotopes lourds, plus le volume de glace est important). Or les organismes fossilisés, comme les foraminifères, sécrètent leur coquille carbonatée en équilibre isotopique avec le milieu aquatique dans lequel ils évoluent. Ils portent donc l'empreinte à la fois de la composition isotopique et de la température de l'eau de mer. Sur la base des variations de teneur en ^{18}O des foraminifères, les travaux de Cesare Emiliani puis de Nicholas Shackleton ont non seulement permis de démontrer le caractère cyclique des variations climatiques et glaciaires du Quaternaire, mais aussi de définir une stratigraphie de référence à l'échelle des océans (pour une synthèse sur le sujet, voir J.C. Duplessy⁹).

Les progrès réalisés ces dernières décennies par plusieurs générations de chercheurs font qu'il est maintenant possible de retracer les changements climatiques et les variations glaciaires dans les temps géologiques. Ainsi, des carottes de forage dont le diamètre est généralement inférieur à 10 cm nous livrent des éléments essentiels à la compréhension de l'évolution de la dynamique de l'environnement terrestre.

LE DERNIER INTERGLACIAIRE: UN ANALOGUE DANS LA PERSPECTIVE D'UN RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE?

Les vestiges du dernier interglaciaire sont nombreux en milieu marin et dans le domaine continental. Comme nous l'avons vu précédemment, cette période est caractérisée par des faunes ou flores reflétant un climat plus chaud que celui de l'actuel interglaciaire; elle est appelée «Éemien» en Europe et «Sangamonien» en Amérique. Dans les régions terrestres tempérées, les dépôts lacustres ou tourbeux datant du dernier interglaciaire renferment des assemblages polliniques que l'on associe à une végétation forestière thermophile. À titre d'exemple, pendant le dernier interglaciaire, de riches forêts de chênes occupaient les provinces atlantiques du Canada; on en déduit des conditions climatiques plus clémentes qu'aujourd'hui, caractérisées par des températures d'environ 4 °C supérieures à celles de l'actuel interglaciaire.

En milieu marin, les sédiments interglaciaires, identifiés par de faibles teneurs en ^{18}O , renferment des microfaunes (foraminifères) et microflore (kystes de dinoflagellés, coccolites, diatomées) révélant des températures plus élevées qu'aujourd'hui dans les eaux de surface.

Dans les régions littorales, d'anciens rivages marqués par des dépôts de plages, des plateformes d'érosion litto-

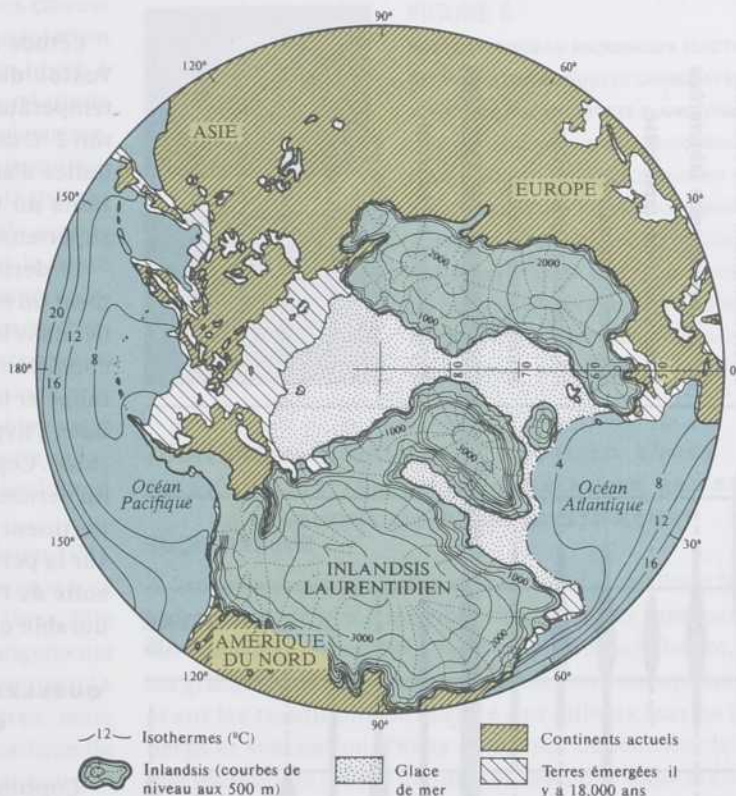


FIGURE 3
PALÉOGÉOGRAPHIE DE L'HÉMISSPÈRE NORD IL Y A 18 000 ANS, SOIT AU MOMENT DU DERNIER MAXIMUM GLACIAIRE. LES ISOTHERMES DU MOIS D'AOUT DANS LES EAUX DE SURFACE ONT ÉTÉ ESTIMÉS PAR LE GROUPE CLIMAP (EN 1976) SUR LA BASE DE FONCTIONS DE TRANSFERT EXPLOITANT LA DISTRIBUTION DE PETITS ORGANISMES UNICELLULAIRES FOSSILISÉS, DES FORAMINIFÈRES PLANCTONIQUES⁹.

rale ou des récifs coralliens, indiquent que le niveau marin a atteint un maximum supérieur d'environ 6 m à l'actuel. Les travaux des glaciologues tendent également à démontrer que la calotte groenlandaise aurait eu un volume considérablement restreint pendant le dernier interglaciaire.



FIGURE 4

PHOTO ILLUSTRANT LE BÂTIMENT DE FORAGE «JOIDES RESOLUTION» DANS LA BAIE DE BAFFIN EN 1985. CE BÂTIMENT A ÉTÉ CONÇU À DES FINS SCIENTIFIQUES; IL EST GÉRÉ PAR UN CONSORTIUM INTERNATIONAL, L'OCEAN DRILLING PROGRAM (ODP). LE DERRICK A UNE HAUTEUR DE 60 M ET PEUT SUPPORTER UN TRAIN DE TIGES DE PLUSIEURS KILOMÈTRES. À TITRE D'EXEMPLE, DANS LA BAIE DE BAFFIN (STATION 645 DE L'ODP), LE FORAGE DE 1 150 M DE SÉDIMENT A ÉTÉ RÉALISÉ SOUS UNE TRANCHE D'EAU DE 2 005 M. LES SÉDIMENTS FORÉS COUVRENT ENVIRON 20 MILLIONS D'ANNÉES.

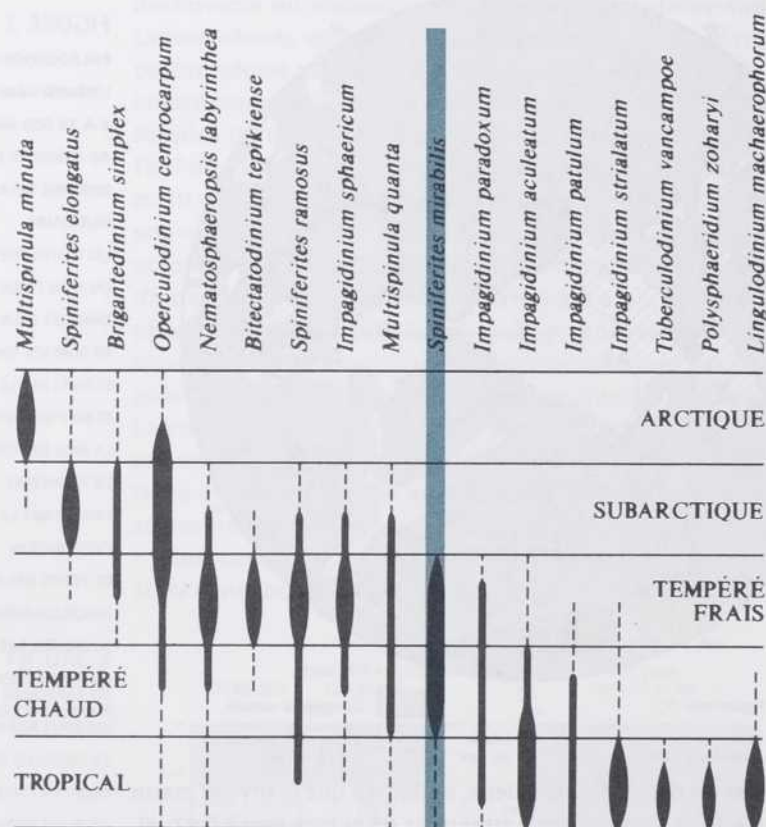


FIGURE 5

SCHÉMA ILLUSTRANT DE FAÇON SIMPLIFIÉE LA DISTRIBUTION ACTUELLE DE QUELQUES ESPÈCES DE KYSTES DE DINOFLAGELLÉS DANS L'ATLANTIQUE NORD, EN FONCTION DES DOMAINES BIOCLIMATIQUES. LES AFFINITÉS ÉCOLOGIQUES DE CES MICRO-ORGANISMES PEUVENT ÊTRE UTILISÉES POUR RETRACER LES CONDITIONS DE TEMPÉRATURE DU PASSÉ À PARTIR DES ASSEMBLAGES FOSSILES. PAR EXEMPLE, DE FORTES PROPORTIONS DE *SPINIFERITES MIRABILIS* DANS LES ASSEMBLAGES DES SÉDIMENTS INTERGLACIAIRES DU BASSIN SUBARCTIQUE DE LA MER DU LABRADOR AUTORISENT À RECONSTITUER UN PALÉOENVIRONNEMENT TEMPÉRÉ.

L'étude isotopique des carottes de glace de la station Vostok dans l'Antarctique indique un maximum des températures, pendant le dernier interglaciaire, d'environ 2 °C de plus qu'aujourd'hui. Par ailleurs, l'analyse des bulles d'air piégées dans la glace révèle des concentrations du CO₂ de l'ordre de 295 ppm, soit nettement supérieures à celles de l'époque pré-industrielle.

Le dernier interglaciaire constitue donc indubitablement un intervalle plus chaud qu'aujourd'hui, en particulier dans les régions de moyennes à hautes latitudes¹⁰. Les conditions climatiques qui y régnaient ne sont pas sans rappeler les projections que proposent les modélisateurs dans l'hypothèse d'un doublement du CO₂ atmosphérique. Cependant, les conditions climatiques optimales du dernier interglaciaire n'ont pas persisté. Il paraît alors pertinent de se demander pourquoi et de s'interroger sur la pérennité du réchauffement que l'on anticipe à la suite de l'effet de serre. Ce réchauffement sera-t-il plus durable que celui du dernier interglaciaire?

QUELLES SONT LES CAUSES DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES DU QUATERNAIRE ?

L'optimum climatique enregistré pendant le dernier interglaciaire ne peut être remis en question. Selon des concepts traditionnels en climatostratigraphie, il est généralement admis qu'un intervalle interglaciaire correspond à un optimum climatique et à un volume minimal de glace continentale. Inversement, un épisode glaciaire se distingue par des conditions froides et des volumes importants de glace continentale. Ainsi, dans la climatostratigraphie du Quaternaire, on détermine la succession de périodes glaciaires et interglaciaires, froides et chaudes, dont la fréquence est de l'ordre de 100 000 ans.

LES FONCTIONS DE TRANSFERT

Dans le domaine de la paléoclimatologie, le développement des «fonctions de transfert» a constitué une étape primordiale puisqu'elles permettent de transcrire en termes quantitatifs de température des données microfossiles qui, jusqu'alors, étaient interprétées selon des fondements empiriques. Les premières fonctions de transfert ont été proposées par Imbrie et Kipp (1971), sur la base de la distribution actuelle des foraminifères planctoniques. Ces fonctions sont établies à partir de matrices de données sur lesquelles sont reportés, pour chacun des sites étudiés, d'une part, les pourcentages des taxons dans les assemblages récents de foraminifères et, d'autre part, la température hivernale et estivale. Le traitement statistique de ces matrices permet d'établir des équations de régression entre les paramètres micropaléontologiques (pourcentages de chaque taxon) et les paramètres environnementaux (température). Ces équations sont par la suite utilisées pour calculer la température par extrapolation à partir d'assemblages fossiles. Vers la fin des années

1980, des fonctions de transfert exploitant une approche mathématique différente, dite «méthode des meilleurs analogues», ont été proposées (voir Guiot, 1990). Cette méthode repose sur une analyse des composantes principales afin d'évaluer le degré de similarité entre les assemblages de référence récents, pour lesquels on connaît la température du milieu où ils se développent, et les assemblages fossiles destinés aux reconstitutions paléoclimatiques. La température estimée résulte ainsi d'une interpolation des températures correspondant aux meilleurs analogues de la banque de données modernes de référence. Un des avantages de cette méthode est de pouvoir rejeter une estimation lorsque l'assemblage fossile ne présente pas de similarité satisfaisante avec l'un des assemblages de référence. Dans le cas des deux méthodes utilisées (régression et meilleurs analogues), la validation de l'approche quantitative est effectuée en vérifiant que l'on reconstitue adéquatement les conditions actuelles à partir des assemblages microfossiles de référence.

De façon générale, les épisodes interglaciaires correspondent à des intervalles marqués par une insolation septentrionale maximale en été et minimale en hiver, à l'inverse des épisodes glaciaires (figure 7). Les relations entre l'alternance de périodes glaciaires et interglaciaires, d'une part, et la distribution latitudinale et saisonnière de l'insolation, d'autre part, sont à l'origine de la théorie astronomique du climat: une insolation estivale accrue aux moyennes et hautes latitudes favoriserait la fonte rapide des calottes glaciaires; inversement, l'augmentation de l'insolation hivernale et, par suite, les écarts thermiques saisonniers réduits, favoriseraient l'accumulation de la glace aux hautes latitudes. Nous sommes présentement en transition vers une insolation hivernale croissante dans l'hémisphère Nord. Selon la théorie astronomique du climat, l'environnement terrestre évoluerait donc vers une glaciation.

La théorie astronomique du climat, proposée en 1941 par le physicien Milutin Milankovitch, est un acquis très important dans le domaine des sciences de la Terre. Elle rend compte des causes extraterrestres des changements quasi cycliques du climat. Elle explique le «pourquoi» des grandes variations climatiques et glaciaires, mais toutefois pas le «comment». Le système climatique de la Terre est en effet régi par des mécanismes et boucles de rétroaction complexes faisant intervenir les modes de circulation océanique et atmosphérique, les échanges d'énergie aux interfaces terre-océan-atmosphère, les bilans globaux du CO₂, etc. Depuis 1989, à la suite d'une hypothèse émise par Wallace Broecker, de nombreuses équipes de recherche étudient le mode de fonctionnement de la circulation thermoaline (variation de chaleur et de salinité) des océans, qui joue un rôle déterminant sur la redistribution latitudinale de chaleur et, par conséquent, sur le climat. D'autres équipes concentrent leurs efforts afin de découvrir les causes naturelles des variations du CO₂ atmosphérique. Beaucoup de voies de recherche restent sans doute à explorer avant que l'on n'ait parfaitement compris les mécanismes des changements climatiques à moyen terme.

Parmi les grands changements climatiques de l'histoire du Quaternaire, la transition du Sangamonien à la dernière invasion glaciaire mérite une attention particulière. Cette transition fut en effet marquée par une phase de croissance rapide des glaciers rendant compte d'une baisse du niveau marin d'environ 70 m en moins de 10 000 ans, ce qui correspond à un taux d'accumulation de la glace de l'ordre de 3000 km³ par an. L'étude paléoenvironnementale des séries chronologiques comprenant l'optimum climatique et ses périodes de transition (environ 140 000 à 115 000 ans avant aujourd'hui), peut contribuer à la détermination des relations de cause à effet qui régissent le système climatique et la dynamique glaciaire.



FIGURE 6

PHOTOS (PRISES AU MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE À BALAYAGE) DES COQUILLES CARBONATÉES DE DEUX ESPÈCES DE FORAMINIFÈRES PLANCTONIQUES.

L'UNE (A: *NEOGLOBOQUADRINA PACHYDERMA*) FORME LÉVOGYRE DOMINE EXCLUSIVEMENT DANS LES ENVIRONNEMENTS ARCTIQUES OÙ LA TEMPÉRATURE N'EXCÈDE PAS 5 °C EN ÉTÉ; L'AUTRE (B: *GLOBIGERINA QUINQUELOBA*) EST UNE ESPÈCE SUBARCTIQUE. LES COQUILLES CARBONATÉES DES FORAMINIFÈRES SONT UTILISÉES POUR MESURER LA COMPOSITION ISOTOPIQUE DU CARBONE ET DE L'OXYGÈNE.

LE REFROIDISSEMENT EST-IL LA CAUSE DE LA GLACIATION OU LA GLACIATION EST-ELLE À L'ORIGINE DU REFROIDISSEMENT?

Les maximums glaciaires sont associés à un climat froid. Les masses de glace imposent en effet des contraintes sur l'énergie perçue à la surface de la Terre (albédo), sur les gradients de pression et la circulation atmosphérique, et sur les conditions de surface des milieux marins (icebergs et évacuation d'eaux de fonte). Cependant, le fait que les glaciers jouent un rôle considérable dans le climat ne signifie pas nécessairement que leur développement initial soit lié à un refroidissement. En fait, la croissance des glaciers dépend du bilan d'accumulation, soit des précipitations neigeuses en excès par rapport à la fonte. De ce point de vue, les écarts thermiques saisonniers sont

Les épisodes interglaciaires correspondent à des périodes où l'insolation septentrionale est maximale en été et minimale en hiver.

déterminants puisque des hivers relativement chauds sont une condition nécessaire pour de fortes chutes de neige, et que des étés relativement frais limitent la fonte estivale. Or, au début de la dernière invasion glaciaire (115 000 ans), l'amplitude saisonnière de l'insolation aux hautes latitudes était réduite; au cours des prochaines décennies, on prévoit également des écarts thermiques saisonniers inférieurs à ceux d'aujourd'hui.

Quand il s'agit de préciser quelles ont été les conditions thermiques à l'origine de la dernière invasion glaciaire, les bassins subpolaires du nord-est de l'Atlantique Nord oc-

Le refroidissement climatique aurait suivi, et non précédé, le début de la dernière glaciation.

EFFET DE SERRE

cupent une situation stratégique. C'est en effet dans les régions circum-arctiques adjacentes de l'Atlantique du Nord-Ouest, sur la Terre de Baffin et le Groenland, que démarra la dernière glaciation de l'hémisphère Nord. En particulier, l'inlandsis laurentidien, qui a représenté la plus importante masse glaciaire, s'est développé à partir de calottes dont les centres initiaux de dispersion étaient localisés dans le nord-est du Canada. L'étude des sédiments accumulés dans la baie de Baffin et dans la mer du Labrador pendant l'intervalle clé dont il est question, permet donc de retracer simultanément les changements du volume des glaciers continentaux ($\delta^{18}\text{O}$ dans les foraminifères) et la température dans les eaux de surface des milieux marins adjacents (microfossiles planctoniques) (figure 8). Or les résultats d'analyses micropaléontologiques et géochimiques démontrent clairement que des conditions optimales de température en été, et surtout en hiver, ont persisté pendant la phase initiale de croissance des glaces continentales à la fin du dernier interglaciaire.

L'examen des séries chronologiques interglaciaires de l'Atlantique Nord et de l'Europe de l'Ouest révèle également

un délai entre, d'une part, le refroidissement enregistré par les populations planctoniques marines ou la végétation terrestre et, d'autre part, le développement initial des glaciers continentaux, déterminé par la stratigraphie isotopique ou par les variations du niveau marin. Jusqu'à preuve du contraire, il semble donc que le refroidissement climatique ait suivi, et non précédé, le début de la dernière glaciation¹¹. La tentation est donc très forte d'en déduire une relation de cause à effet.

Ainsi, des eaux de surface relativement chaudes caractérisaient les bassins subpolaires marginaux de l'est du Canada à l'aube de la dernière invasion glaciaire. De telles conditions ont certainement contribué au transport latitudinal de masses d'air chaudes et humides et, par suite, à des précipitations neigeuses accrues dans les régions sensibles — notamment la terre de Baffin, actuellement soumise à un régime climatique froid et sec. Des températures hivernales plus élevées qu'aujourd'hui auraient donc contribué à des bilans positifs d'accumulation de la glace dans les régions circum-arctiques qui ont constitué les centres initiaux de dispersion glaciaire à la fin du Sangamonien. Par analogie avec la dernière transition interglaciaire-glaciaire, le réchauffement qui est prévu à la suite de l'effet de serre, plus accentué en hiver et aux hautes latitudes, paraît ainsi propice au développement de calottes glaciaires.

LA MODÉLISATION PALÉOCLIMATIQUE : UNE ISSUE POUR MIEUX COMPRENDRE L'AVENIR

La compréhension de la dynamique du climat est un préalable à toute prédiction des tendances hydroclimatiques à moyen et à long terme. La collectivité scientifique, notamment celle œuvrant dans le domaine de la physique de l'atmosphère, s'est mobilisée pour développer des modèles climatiques ayant pour ultime objectif de parvenir à des projections réalistes du climat qui régira la biosphère et les activités humaines au cours des décennies et siècles à venir. Or ces modèles climatiques ne sont pas univoques : ils reposent sur la paramétrisation de nombreux facteurs et sur des boucles de rétroaction souvent complexes. Une des issues pour valider et améliorer les modèles est évidemment de tester l'effet des paramètres retenus et celui des rétroactions qui influencent le système climatique, à partir d'un réseau d'observations et de mesures dans l'espace et dans le temps. Les mesures instrumentales sont certes adéquates,

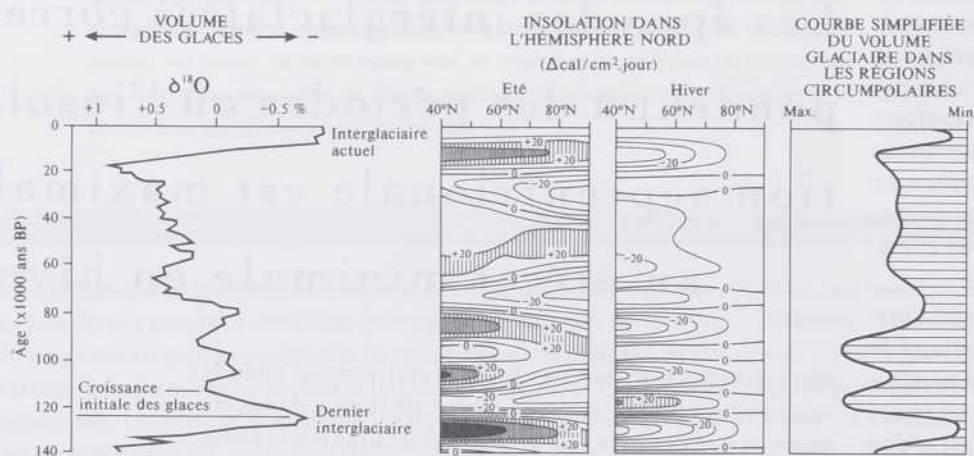


FIGURE 7

THÉORIE ASTRONOMIQUE DU CLIMAT. COURBES ILLUSTRANT LES VARIATIONS DU VOLUME DES GLACES CONTINENTALES À L'ÉCHELLE GLOBALE, LES VARIATIONS SAISONNIÈRES DE L'INSOLATION ET LES FLUCTUATIONS GLACIAIRES DANS LES RÉGIONS CIRCUMPOLAIRES (65° À 80° DE LATITUDE NORD) AU COURS DU DERNIER GRAND CYCLE CLIMATIQUE. DE FAÇON GÉNÉRALE, SELON LA THÉORIE ASTRONOMIQUE DU CLIMAT, LES ÉPISODES INTERGLACIAIRES CORRESPONDENT À DES INTERVALLES MARQUÉS PAR UNE INSOLATION MAXIMALE EN ÉTÉ ET MINIMALE EN HIVER, À L'INVERSE DES ÉPISODES GLACIAIRES. UNE INSOLATION ESTIVALE ACCRUE AUX MOYENNES ET HAUTES LATITUDES FAVORISE LA FONTE RAPIDE DES CALOTTES GLACIAIRES; INVERSEMENT, L'AUGMENTATION DE L'INSOLATION HIVERNALE ET, PAR LA SUITE, L'EXISTENCE D'ÉCARTS THERMIQUES SAISONNIERS RÉDUITS, FAVORISERAIENT L'ACCUMULATION DE LA GLACE AUX HAUTES LATITUDES. NOUS SOMMES PRÉSENTEMENT EN TRANSITION VERS UNE INSOLATION HIVERNALE CROISSANTE DANS L'HEMISPHERE NORD, NOTRE ENVIRONNEMENT ÉVOLUERAIT DONC VERS UNE GLACIATION.

mais elles ne couvrent qu'un petit intervalle de temps (<100 ans), ne rendant compte que d'un domaine restreint de variations climatiques. En faisant appel aux séries géologiques (10-10⁶ ans), on peut cependant disposer d'observations représentatives de situations climatiques extrêmes et de transitions brutales. La modélisation paléoclimatique est sans doute une solution pour mieux comprendre le système climatique. Une collaboration entre modélisateurs du climat et paléocéologues serait donc pertinente, voire indispensable pour comprendre les changements globaux. Toutefois, ces derniers sont issus de disciplines différentes, sciences exactes et sciences naturelles; ils ne véhiculent pas les mêmes concepts et ne parlent pas le même langage. En particulier, les météorologues fonctionnent sur des échelles de 24 heures alors que les paléocéologues travaillent sur des périodes de centaines, voire de milliers d'années. Devant les impératifs de cette fin de siècle, toutefois, la collectivité des modélisateurs et celle des paléocéologues ont fait les premiers pas pour se mettre au diapason. La collaboration qui est en voie de se matérialiser sera certainement fructueuse.

RÉFÉRENCES

- SCHLESINGER, M.E. (éd.). «Greenhouse-gas-induced Climatic Change: a Critical Appraisal of Simulations and Observation», Elsevier, *Developments in Atmospheric Science*, n° 19, 1991, 615 p.
- BERGER, A. *Le climat de la Terre: un passé pour quel avenir?*, De Boeck Université, 1992, 479 p.
- FRANKS, L.A. *Climate throughout Geological Time*, Elsevier, 1979, 310 p.
- CROWLEY, T.J. et NORTH, G.R. *Paleoclimatology*, Oxford University Press, 1991, 339 p.
- BRADLEY, R.S. *Quaternary Paleoclimatology, Methods of Paleoclimatic Reconstruction*, Allen & Unwin, 1985, 472 p.
- CLIMAP PROJECT MEMBERS. «Glacial North Atlantic 18,000 Years Ago», *Investigations of Late Quaternary Paleogeography and Paleoclimatology*, J.D. Hays éd., Geological Society of America Memoir, vol. 145, 1976, p. 45-75.

- IMBRIE, J. et KIPP, N.K. «A New Micropaleontological Method for Quantitative Paleoclimatology: Application to a Late Pleistocene Caribbean Cone», *The Late Cenozoic Glacial Ages*, K.K. Turkian éd., Yale University Press, 1971, p. 77-179.
- GUIOT, J. «Methodology of Paleoclimatic Reconstruction from Pollen in France», *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 80, 1979, p. 49-69.
- DUPLESSY, J.C. «Isotopes Studies», *Climatic Change*, J. Gribbin éd., Cambridge University Press, 1978, p. 46-76.
- RUTTER, N., MATTHEWS, J.V. et SCHWEGER, C.E. (eds). «The Climate and Environment of the last Interglacial in the Arctic and Subarctic», *Quaternary International*, vol. 10-12, 1992, 248 p.
- MILLER, G.H. et DE VERNAL, A. «Will Greenhouse Warming Lead to Northern Hemisphere Ice Sheet Growth?», *Nature*, n° 6357, 1992, p. 244-247.

ANNE DE VERNAL
EST PROFESSEUR AU
DÉPARTEMENT DES
SCIENCES DE LA TERRE
DE L'UNIVERSITÉ DU
QUÉBEC À MONTRÉAL.

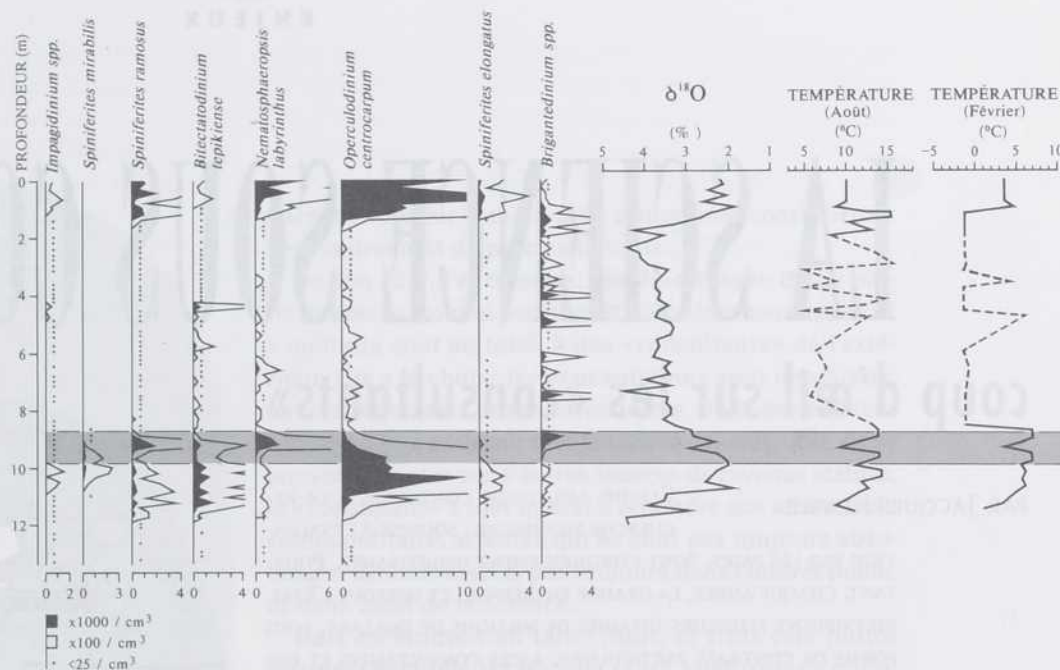


FIGURE 8

DIAGRAMME SIMPLIFIÉ DES ASSEMBLAGES DE KYSTES DE DINOFLAGELLÉS. LES COURBES ILLUSTRONT LE NOMBRE D'INDIVIDUS DE CHAQUE ESPÈCE PAR UNITÉ DE VOLUME EN RELATION AVEC LA COURBE ISOTOPIQUE DE L'OXYGÈNE ET LA RECONSTITUTION QUANTITATIVE DE LA TEMPÉRATURE DANS LES EAUX DE SURFACE AU SITE 646 DE L'OCEAN DRILLING PROGRAM DANS LA MER DU LABRADOR. LA COURBE ISOTOPIQUE EST ISSUE DE MESURES SUR LE FORAMINIFÈRE PLANCTONIQUE *NEOGLAQUAMmina pachyderma* LÉVOCYRE. ELLE ILLUSTRÉ LES VARIATIONS DU VOLUME DES GLACES, L'ENRICHISSEMENT ISOTOPIQUE DE L'EAU DES OCÉANS RENDANT COMPTE D'UNE AUGMENTATION DU VOLUME DE GLACE. LA COURBE DES PALÉOTEMPÉRATURES EST OBTENUE À PARTIR DE FONCTIONS DE TRANSFERT EXPLOITANT LA DISTRIBUTION DES KYSTES DE DINOFLAGELLÉS. LA COURBE EST DISCONTINUE DANS LA PARTIE MÉDIANE DE LA SÉQUENCE EN RAISON DES FAIBLES CONCENTRATIONS DE MICROFOSSILES, QUI NE PERMETTENT PAS DES DÉNOMBREMENTS STATISTIQUEMENT VALABLES. LA ZONE TRAMÉE CORRESPOND À LA PHASE INITIALE DE CROISSANCE DES GLACES À LA FIN DU DERNIER INTERGLACIAIRE; LES TEMPÉRATURES DANS LES EAUX DE SURFACE ÉTAIENT ALORS SUPÉRIEURES À CELLES D'AUJOURD'HUI. CES RÉSULTATS DÉMONSTRENT CLAIEMENT QUE LES CONDITIONS OPTIMALES DE TEMPÉRATURE EN ÉTÉ, ET SURTOUT EN HIVER, QUI AURAIENT DÉCLANCHÉ LA GLACIATION, ONT PERSISTÉ PENDANT LA PHASE INITIALE DE CROISSANCE DES GLACES CONTINENTALES. LE REFROIDISSEMENT CLIMATIQUE AURAIT SUIVI, ET NON PRÉCÉDÉ, LE DÉBUT DE LA DERNIÈRE GLACIATION. UNE DISCUSSION PLUS COMPLÈTE SUR LA RELATION ENTRE DES CONDITIONS CLIMATIQUES OPTIMALES ET LA CROISSANCE DES GLACES CIRCUMPOLAIRES A ÉTÉ PUBLIÉE PAR G.H. MILLER ET A. DE VERNAL¹¹.

LA SCIENCE SOUS CONTRAT

coup d'œil sur les «consultants»

PAR JACQUES KEABLE

CLICHÉ: LES FONDS CONSACRÉS À LA RECHERCHE RIGoureuse, SOUMISE À L'ÉVALUATION PAR LES PAIRS, SONT CHRONIQUEMENT INSUFFISANTS. POUR-

TANT, CHAQUE ANNÉE, LA GRANDE ENTREPRISE, ET SURTOUT L'ÉTAT, DISTRIBUENT PLUSIEURS DIZAINES DE MILLIONS DE DOLLARS, SOUS FORME DE CONTRATS PARTICULIERS, À DES CONSULTANTES ET DES CONSULTANTS UNIVERSITAIRES OU À D'AUTRES AYANT, PRIVÈMENT, PIGNON SUR RUE. LA RIGUEUR DES TRAVAUX DE CES PERSONNES ET LEUR COMPÉTENCE SONT HABITUELLEMENT JUGÉES PAR LES COMMANDITAIRES SEULS; L'ÉVALUATION PAR LES PAIRS EST, LE PLUS SOUVENT, EXCLUE.

PLUS GÉNANT ENCORE, PARCE QUE PLUS ÉLÉMENTAIRE: PRINCIPAL COMMANDITAIRE, L'ÉTAT NE S'EST MUNI D'AUCUN MÉCANISME STANDARD ET UNIFORME LUI PERMETTANT DE S'ASSURER DE LA PERTINENCE DES ÉTUDES QU'IL COMMANDITE, DE LA QUALITÉ DES PERSONNES CHOISIES ET DES RÉSULTATS OBTENUS. CE LAXISME DÉVALUE LA RECHERCHE, AU DÉTRIMENT, Y COMPRIS FINANCIER, DES CONSULTANTS RESPONSABLES ET AU PROFIT DES «ENTREPRENEURS EN CONSULTATION» PEU SCRUPULEUX, DONT LE SOUCI ESSENTIEL EST DE FOURNIR AU CLIENT-COMMANDITAIRE LA CONCLUSION QU'IL ESPÈRE ET DONC, DE S'ASSURER DE NOUVEAUX ET LUCRATIFS CONTRATS!

DANS CERTAINS CAS, PAR AILLEURS, IL ARRIVE AUSSI QUE LES PARTIES À UN QUELCONQUE CONFLIT D'ENVERGURE SOIENT DE FORTE TAILLE: L'INDUSTRIE DU TABAC ET LE LOBBY ANTI-TABAC, PAR EXEMPLE. QUE SE PASSE-T-IL ALORS? LES ÉTUDES COMMANDITÉES PAR L'UNE CONTREDISENT SYSTÉMATIQUEMENT, COMME PAR HASARD, LES CONCLUSIONS DES ÉTUDES COMMANDITÉES PAR L'AUTRE, ET INVERSEMENT. SPECTATEUR DE BONNE FOI, LE CITOYEN MOYEN NE PEUT QU'EN DÉDUIRE QUE LA SCIENCE, ÇA SE VEND ET ÇA S'ACHÈTE...

PEUT-ON IMAGINER, FACE À CES ÉVENTUELS DÉTOURNEMENTS DU SAVOIR ET À SON ASSERVISSEMENT À DES CAUSES PARFOIS DÉRISOIRES, COMPTE TENU DES FLÉAUX RÉELS QUI AFFLIGENT L'HUMANITÉ, QU'UN REGROUPEMENT DE SCIENTIFIQUES ÉLABORE, UN JOUR PROCHAIN, UN «CODE D'ÉTHIQUE» GÉNÉRAL ET MINIMAL, QU'IL RÉUSSISSE À EN IMPOSER LE RESPECT AUX COMMANDITAIRES LES PLUS LOURDS ET PARVIENNE AUSSI À PROTÉGER LES SCIENTIFIQUES EUX-MÊMES CONTRE LE CHANTAGE PLUS OU MOINS CONSCIENT, SELON LES CAS, DES GROS DONNEURS DE CONTRATS? CE SERAIT LÀ, À N'EN PAS DOUBTER, UN PREMIER MOYEN DE CONTRER, DE LIMITER EN TOUT CAS, LES EXCES ÉVIDENTS, DONT TRAITE LE PRÉSENT REPORTAGE.



L'auberge espagnole a un nom: «Le consultant». Elle est même en période de furieuse expansion: on y ajoute sans cesse des chambres, des recoins, des apprentis, des tourelles branlantes et des suites royales. Y logent pêle-mêle les champions de l'heure, quelques héros déçus devenus «consultants» de «consultants», puis des gens sérieux et compétents, honnêtes et généreux, côte à côte avec les vendeurs du Temple et des illusionnistes de haut vol, capables de faire la preuve de n'importe quoi et de son contraire.

La définition de «consultant» est aussi savoureuse que significative. Selon le *Petit Robert* (1977), il s'agit de la personne qui *donne* des consultations ou, dans le sens vieilli du mot, qui *demande* des consultations! On ne saurait mieux dire: un «consultant», c'est n'importe qui!

La croissance de la «consultation» est fulgurante, comme en fait foi une irréfutable étude longitudinale historico-arithmétique, menée au cœur même des pages



jaunes de Montréal, sur une période de 20 ans! Ainsi, en 1972, on comptait 118 inscriptions sous le chapeau «conseillers en administration». Vingt ans plus tard: 437. «Bureaux d'ingénieurs-conseils»: 151 inscriptions en 1972 et 300 maintenant. En «marketing, études de marché», on est passé de 31 à 211. Signe des temps: des «conseillers en environnement», on en dénombrait 0 en 1972, puis 28 en 1982 et 99 en 1992.

Pareille effervescence, en partie causée par le chômage des cadres victimes de la rationalisation de plusieurs entreprises et recyclés en «consultants», donne lieu au pire et au meilleur. Paiement à la pièce, travail à la pige, parfois en solitaire, sans le support d'une équipe et, en bout de ligne, sans évaluation rigoureuse par les pairs. La vulnérabilité du consultant, légitimement en quête de contrats, saute aux yeux. Dans ces conditions, quelques solides contacts politiques, doublés de quelque

talent de vendeur et du sens du compromis, constitueront nécessairement de précieux atouts...

De son côté, l'entreprise, une fois allégée d'une partie de son personnel permanent, fait désormais appel, et à moindre coût au total, à des «consultants» de l'extérieur. Elle a le choix: les «consultants» sont nombreux, en compétition les uns avec les autres. On le devine bien: à moins d'être assis sur une notoriété considérable ou de pouvoir compter sur d'autres sources de revenus stables, le «consultant» a tout intérêt à répondre aux attentes du commanditaire, attentes qui ne sont pas toujours absolument désintéressées, pas toujours dans l'intérêt public ni dans celui de la Science.

Mais qu'étudie-t-on tant? Tout, et trois fois plutôt qu'une! On étudie les fusions et les «défusions» municipales, le harnachement des rivières, les centaines de projets — le plus souvent mort-nés — de développement régional, la planification, les méfaits et les vertus du tabac, la montaison des saumons et la descente des glaces, la performance comparative des cégeps ou des municipalités, comme en a tout récemment fait état *L'Actualité*. Celle-ci fournissait ainsi un exemple d'étude, pilotée par des spécialistes, qui «peut impressionner les gens qui ne s'y connaissent pas, mais qui est très contestable sur le plan méthodologique», nous dit Clermont Dugas, géographe et spécialiste du développement régional, professeur à l'Université du Québec à Rimouski.

DES FONDS PUBLICS COLOSSAUX

Ce sont très certainement les gouvernements qui alimentent le plus l'assiette au beurre des consultants. Chaque année, les ministères, sociétés d'État, entreprises privées — et non des moindres — somptueusement subventionnées pour fins d'études, dépensent des sommes colossales en contrats de consultation. Combien? Faudrait sans doute une... étude pour le savoir, mais on parle ici, très certainement, de plusieurs dizaines de millions de dollars. Le journaliste Louis-Gilles Francœur a pu écrire, dans *Le Devoir* du 8 février 1993, que «la seule Direction environnementale d'Hydro-Québec dépense environ 40 millions de dollars par année en contrats de toutes sortes dans le milieu des consultants québécois, privés ou universitaires». Et on ne parle, ici, que d'un seul des services d'Hydro-Québec!

Dans le même article, le journaliste révèle comment les organismes, y compris le BAPE (Bureau d'audiences publiques sur l'environnement) lui-même, qui sont susceptibles de porter ombrage à Hydro-Québec ou à de gros projets comme Soligaz, n'arrivent pas à dénicher, au Québec,

ILLUSTRATIONS: JACQUES GOLDSTYN

des consultants disposés à braver ces gros donneurs de contrats: «Ils craignent pour leurs futurs contrats de recherche», confie Michel Dorais, ex-président du BAPE, au *Devoir*. De là à déduire que les consultants ont intérêt à ne faire que de la recherche qui va dans le sens des intérêts des gros commanditaires, il n'y a qu'un pas, inquiétant, mais facilement franchissable...

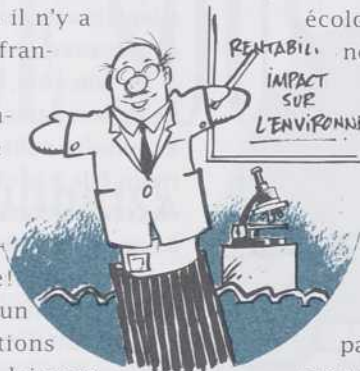
Il arrive, bien sûr, que les commanditaires des études réclament «l'heure juste». Mais il arrive aussi qu'ils fassent clairement savoir, dès le départ, ce que le consultant lui-même cherche avidement à savoir: la conclusion souhaitée! Ou, plus subtilement, qu'ils choisissent un consultant en fonction de ses orientations connues. Auquel cas, le commanditaire laissera le consultant filer sans intervenir, étant certain que le cheval trouvera sans coup férir le chemin de l'écurie visée.

Tout cela n'est pas sérieux, coûte des fortunes, entrave le développement au lieu de le stimuler, prostitue le Savoir. Éric Gourdeau a une longue expérience derrière lui: aujourd'hui lui-même consultant à Québec, ingénieur forestier et économiste de formation, compagnon de route de René Lévesque dont il fut, entre autres, sous-ministre à l'époque du gouvernement Lesage, tout premier responsable du Secrétariat aux affaires autochtones, il n'y va pas avec le dos de la cuiller: «Les consultants, de manière générale, n'ont pas de conscience professionnelle!» Ce à quoi il faudrait sans doute ajouter que le système, bien entretenu, dans lequel ils fonctionnent, incite aux pires abus.

Voyons-y de plus près, en nous arrêtant concrètement, parmi plusieurs possibles, à deux exemples: la baie James, puis le développement régional.

UN GROS CAS: LA BAIE JAMES

Début des années 1970, grande fébrilité et branle-bas de combat dans les bureaux feutrés des grandes firmes d'ingénieurs-conseils: le projet de la baie James s'en vient. Des lobbys se forment au Québec et aux États-Unis. Tout le monde veut sa place au banquet. Des millions de dollars s'entassent déjà sur la table, des milliards de dollars y débouleront bientôt. Devant le magot, chacun a les yeux ronds, flaire le vent, veut deviner les intentions des décideurs pour y conformer son point de vue... éclairé! Qui sont alors ces décideurs? Voilà la difficulté: comme on le sait maintenant, selon un fluctuant rapport des forces, un jour c'est Hydro-Québec, le lendemain le gouvernement Bourassa, le surlendemain la Société de développement de la baie James, chacun ayant un point de vue à défendre... Incessant carrousel! Il s'agit, pour le consultant, de ne pas se tromper, de miser sur le cheval gagnant et de répondre à ses vœux, avec toute la rigueur...



scientifique voulue! En 1974, Éric Gourdeau accepte un délicat mandat du Conseil des sciences du Canada: analyser le «processus décisionnel» qui s'est manifesté autour du projet de la baie James. Pour encadrer M. Gourdeau, trois universitaires de haut vol: Pierre Dansereau, écologiste, Louis-Edmond Hamelin, géographe nordiste, Guy Rocher, sociologue¹.

Résultat de ces travaux: un document passionnant comme un roman policier. Forcément, Éric Gourdeau s'est intéressé au rôle des ingénieurs-conseils. Il constate: «Certains de ces ingénieurs-conseils soutiendront(-ils) tour à tour la position de l'Hydro-Québec, du gouvernement ou de la Société de la baie James, selon qu'il leur paraîtra le plus vraisemblable que l'un de ces groupes contrôlera les travaux. Ainsi, on verra certains groupes changer complètement d'opinion; après avoir reconnu comme étant les plus adéquats les projets préparés par le Service d'ingénierie de l'Hydro-Québec, ils se tourneront rapidement de bord et s'emploieront désormais à justifier les projets qui semblent davantage plaire à ceux qui sont au pouvoir.»

Si donc, il peut arriver que nos sociétés d'ingénierie les plus lourdes, celles qui ont accès à la table où se discutent des projets de pareille envergure, soient parfois disposées à changer d'avis comme de chemise, où donc loge la rigueur scientifique dont elles se donnent comme les garantes, face à la communauté qui, en bout de ligne, leur verse d'honorables honoraires justement en raison de leur haute qualification et de leur présumé sens des responsabilités?

Éric Gourdeau, 20 ans plus tard, n'a rien perdu de sa verve légendaire: «Ce sont des boîtes à contrats. Ils ne refusent rien. Leur premier objectif, c'est d'avoir des contrats. Leur deuxième objectif, c'est encore d'avoir des contrats.

«C'est une industrie. Vraiment une industrie. Les grandes boîtes de consultants se plaignent qu'il n'y a pas assez de R-D au Québec, mais elles-mêmes n'en font pas! Et c'est ça qu'elles devraient entreprendre. Des travaux de recherche, dans leurs domaines, et les rendre publics. Au lieu de ça, elles se contentent de faire des investissements qui leur permettent d'économiser de l'impôt. C'est tout ce qui les intéresse!»

LE (MAL-)DÉVELOPPEMENT RÉGIONAL

Les régions sont une mine d'or pour les firmes de consultants. Plusieurs y ont un pied-à-terre, question de se donner un petit air local et de flaire le vent des projets qui s'amorcent: il y a toujours là quelque lucrative étude à mener!

Un géographe et spécialiste du développement régional, Clermont Dugas, n'est guère plus tendre qu'Éric



ENJEUX

Gourdeau à l'endroit des études et des consultants, parmi lesquels «on compte peu de détenteurs de maîtrise et de doctorat».

Il y a 10 ans, dans un ouvrage remarquable, *Les Régions périphériques* (PUQ, 1983), le professeur Dugas décrivait en termes crus l'inutilité, le manque de rigueur, les incohérences, les graves faiblesses méthodologiques d'un grand nombre d'études menées par des firmes de consultants, sinon par le personnel gouvernemental. Il en décrivait les utilisations politiques et y dénonçait, poliment et clairement, l'asservissement des chercheurs, voire leur exploitation.

«Parler de gaspillage d'argent n'est sans doute pas l'expression adéquate pour tous. Parce que si le système perdure, c'est aussi parce qu'il est très rentable pour un large segment de la société qui vit de la recherche, quel que soit l'aboutissement des études payées par la collectivité. S'il fallait interrompre toutes les études inutiles, des dizaines de milliers de personnes se verraient réduites au chômage. En fait, le sous-développement est très payant pour de nombreux individus qui se donnent ou reçoivent mission de le combattre. En raison des études qu'il génère, il est même devenu une composante importante de l'activité économique.»

Travaux «utiles» et coûteux, mais aussi fort opportunistes. Clermont Dugas écrit: «Sans préjuger de l'honnêteté et des compétences de ces firmes spécialisées, il faut reconnaître qu'il leur est relativement facile d'orienter certaines conclusions dans le sens souhaité par l'organisme commanditaire. Le choix d'une méthodologie et de critères d'analyse peut être à lui seul assez déterminant des résultats.»

Suivons un cas concret: l'aménagement du parc de Bic, tout près de Rimouski. Clermont Dugas écrivait, en 1983, qu'en 20 ans, ce projet d'aménagement avait déjà fait l'objet de 15 rapports d'études tout au moins mal coordonnées: on a même fait, note-t-il, «des études d'aménagement avant des études d'inventaire». Ce qui s'appelle mettre la charrue devant les bœufs!

Or, dans ce dossier, où en est-on, 10 ans plus tard et 30 ans après le début de la cascade d'études? Clermont Dugas répond: «Le parc est en partie aménagé, mais de façon très discutable. On ne sait pas trop à partir de quel concept on procède. Il y a peu d'investissements... On a construit un immense stationnement, inutile, parce que trop loin de la mer. Le gazon pousse maintenant à travers l'asphalte...»

«Ce cas mis à part, avons-nous demandé au professeur Dugas, la situation vous semble-t-elle meilleure qu'en 1983?» Réponse: «À mon avis, il n'y a pas eu beaucoup de changements. On dépense encore beaucoup dans les études, au détriment même du développement régional.

Les chercheurs n'ont pas toujours les compétences les meilleures, leurs analyses sont souvent contestables, sur le plan méthodologique.»

LE PIN ROUGE DE MALENFANT



Mais, heureusement, il y a des histoires qui remontent le moral! En voici une. Les faits: dans le comté de Bonaventure, deux projets de centres de ski sont en concurrence. Il s'agit du mont Sainte-Anne de Carleton et de Pin rouge, à New Richmond. Québec dit: je n'accorderai pas de subventions aux deux projets, alors entendez-vous!

Le «développeur» privé pressenti et intéressé, dans les deux cas, a un nom célèbre: Raymond Malenfant. Son fils convient donc, au nom de l'entreprise familiale, avec les deux villes et le CRCD (Conseil régional de concertation et de développement), de confier à une firme extérieure, le groupe Leblond, Tremblay, Bouchard, de Chicoutimi, le mandat de comparer les deux montagnes et de décider laquelle est la plus propice à un aménagement. Toutes les parties à l'entente conviennent de se plier à cette décision.

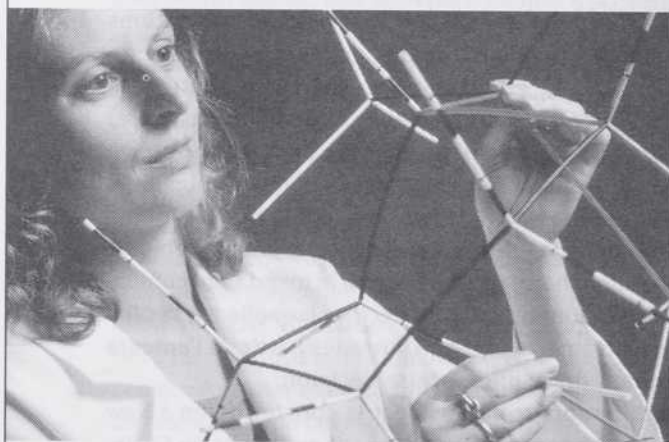
Quand le rapport paraît, c'est la consternation à New Richmond: les consultants tranchent en faveur de Carleton! On sait la suite: malgré l'accord préalablement signé par son fils, Raymond Malenfant rejette le rapport de la firme et obtient quand même de Québec les subventions nécessaires à l'aménagement de Pin rouge. Avec les conséquences que l'on sait...

Dans ce cas, il est clair que le «consultant» n'a pas conclu dans le sens souhaité par l'entrepreneur et Québec. Le rapport a donc surpris. D'où l'inévitable question à l'urbaniste et ingénieur-conseil Robert Leblond, de Chicoutimi, auteur de l'étude: «Avez-vous subi des pressions?» Réponse: «J'ai été assez libre de rédiger mon rapport. J'ai pu le déposer. C'est une fois le document déposé qu'on a essayé de me faire dire que j'aurais pu me tromper. On m'a téléphoné... pas pour me faire changer mon rapport, mais pour que j'atténue des conclusions.» Et d'où venaient ces pressions? «Je ne veux pas entrer dans ces détails-là, mais ça venait de haut. Ceux qui m'ont appelé disaient qu'ils voulaient discuter. Ils voulaient que j'aie les rencontrer. Je leur ai dit de venir me voir à mon bureau, s'ils voulaient discuter.

— Vous n'avez pas eu peur de perdre des contrats dans l'avenir?

— Si j'avais été implanté dans ce comté-là, sûrement qu'ils auraient essayé encore plus de m'influencer. J'aurais pu en subir les conséquences. Mais comme je suis pas mal loin de là et qu'on n'a pas beaucoup de contrats du gouvernement directement... De toute façon, je n'ai pas regretté ma rigueur. L'histoire m'a donné raison... »

L'Université de Sherbrooke sur la scène de la recherche et de la formation



*Des chercheuses et chercheurs réputés,
des équipes structurées,
des domaines de recherche de pointe,
un environnement intellectuel dynamique et créatif,
des découvertes scientifiques majeures,
des réalisations technologiques impressionnantes,
des collaborations multiples
avec des entreprises industrielles.*

*Pour une formation dans un lieu d'excellence,
c'est l'Université de Sherbrooke qu'on choisit.*

Renseignements sur les programmes:

(819) 821-7681
1-800-267-UNES (sans frais)



UNIVERSITÉ
DE SHERBROOKE

UN PAYS DE CONNAISSANCE

UNE «CELLULE DE CONSCIENCE»

Que conclure de ce tableau au total quelque peu inquiétant? Si l'on croit que le temps est venu de mettre un minimum d'ordre dans l'auberge, peut-être aurait-on intérêt à entendre la suggestion d'Éric Gourdeau.

Sa proposition vise le secteur gouvernemental, de loin le plus important: il s'agirait d'instaurer un «bureau central», une structure légère, une sorte de «conscience» chargée de s'assurer que les innombrables études commandées répondent à des critères de base rationnels — des prémisses valables, une méthodologie correcte, des chercheurs qualifiés, des résultats cohérents et logiques.

Ce bureau, dans l'esprit d'Éric Gourdeau, serait un passage obligé pour tous les contrats d'études, analyses ou recherches que l'État désirerait accorder. La crédibilité de ce bureau, dit-il encore, pourrait être garantie par la présence, aux portes clés de l'organisme, de personnes ayant fait leurs preuves antérieurement et qui ont le respect de leurs pairs, bref, de personnes au-dessus de tout soupçon. Par exemple, des universitaires respectés, en fin de carrière.

Éric Gourdeau insiste: ce serait là moins un mécanisme de contrôle tatillon, ou de censure, qu'une «cellule de conscience» qui, par le seul fait de son existence, calmerait les ardeurs parfois excessives des donneurs de contrats et des consultants disposés, trop souvent, à n'importe quoi... pourvu que ça rapporte!

Il serait plus gênant pour l'État, dans de telles conditions, d'utiliser le biais des études, injustifiées, dans le seul but de gagner du temps, de noyer des attentes ou de se donner artificiellement une allure de haute rationalité! Cela épargnerait les fonds publics et assurerait que les montants effectivement investis dans des études ne le seraient pas en vain. Cela forcerait aussi les consultants eux-mêmes à plus de rigueur et contribuerait à éliminer les farceurs et autres opportunistes. Sans compter que cela protégerait les plus sérieux d'entre eux contre le chantage et assurerait donc quelque peu la liberté scientifique.

Il n'y aurait, finalement, que des gagnants: les «consultants» sérieux en premier, les scientifiques en général, la Science, les fonds publics et la chère population qui toujours, en bout de ligne, paie la note... sans en avoir, dans tous les cas, pour son argent.

RÉFÉRENCE

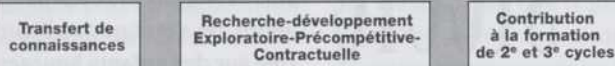
1. *Le processus décisionnel dans la conception et la réalisation du développement nordique au Canada. Un cas d'espèce: LA BAIE DE JAMES.* Préparé par Éric Gourdeau, ingénieur forestier et économiste, avec la collaboration de Pierre Dansereau, écologiste, Louis-Edmond Hamelin, géographe, Guy Rocher, sociologue. Conseil des sciences du Canada, décembre 1974.

Le CRIM,

une force mobilisatrice en technologies de l'information

Le CRIM est un centre de recherche et développement, de formation et de transfert de connaissances unique au Canada au sein duquel les universités et les entreprises travaillent en collaboration. Corporation privée sans but lucratif, le CRIM est financé par ses membres, par des organismes de financement de la recherche et par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science du gouvernement du Québec. Le CRIM mobilise les forces du secteur des technologies de l'information, favorise le maillage d'entreprises de haut calibre et le démarrage de projets stratégiques pour la compétitivité des entreprises.

LA MISSION DU CRIM



DOMAINES PRIORITAIRES D'INTERVENTION



Le CRIM: un comptoir unique

Le CRIM offre de nombreux services tant à la collectivité qu'à ses membres.

Au service de la collectivité:

- Service de communications: deux fois par mois, l'Heure du CRIM invite les participants à des présentations en systèmes à base de connaissances, génie logiciel et interfaces personne-système. Publié six fois par année, un bulletin interne, le Crimoscope, rend compte des nombreuses activités du CRIM et de ses membres.
- Service de formation: chacun des domaines de recherche du CRIM donne lieu à de nombreuses activités de formation (séminaires, cours, etc).
- Vitrine technologique: axée sur les environnements informatisés de formation, cette vitrine permet l'évaluation et l'essai des plus récentes technologies en ce domaine.

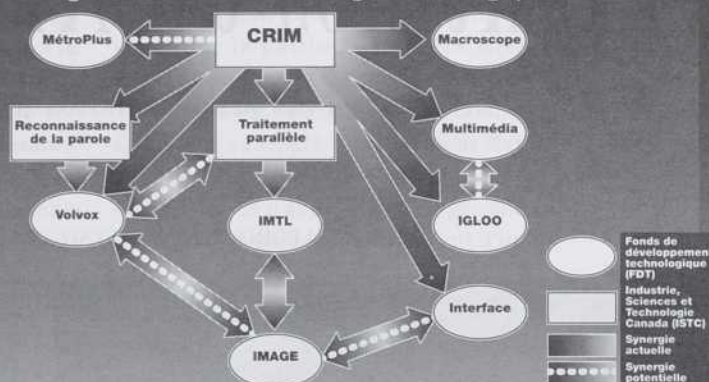
Les privilèges du membre:

- Crédit annuel de 10 000 \$
- Tarifs privilégiés
 - expertise du personnel et du réseau de spécialistes du CRIM
 - cours de formation, laboratoires et Centre de documentation
 - vitrine technologique en EIF
 - Réseau interordinateurs scientifique québécois (RISQ)
 - conférences et sommet informatique annuel du CRIM
- Accès exclusif
 - comptes rendus technologiques
 - programme de liaison industrielle du MIT
 - les Rencontres-privilèges

Les réalisations du CRIM

Le CRIM affirme sa présence dans le secteur des technologies de l'information en participant à plusieurs projets de R-D, notamment les projets mobilisateurs et synergie du Fonds de développement technologique du ministère de l'Industrie, du Commerce et de la Technologie du Québec et aux Programmes des technologies stratégiques d'Industrie, Sciences et Technologie Canada.

Participation du CRIM aux projets mobilisateurs et synergie du FDT et aux Programmes des technologies stratégiques d'ISTC



Un réseau de contacts privilégiés

Comptant plus de 60 membres, le CRIM est en liaison étroite avec plusieurs centres de recherche sur les scènes nationale et internationale. Il représente donc un réseau de contacts privilégiés en R-D dans le secteur des technologies de l'information.

MEMBRES

48 entreprises, 9 universités, 4 membres associés.

PARTENAIRES nationaux

Centre canadien de recherche en informatisation du travail (CCRIT)
Centre de promotion du logiciel québécois (CPLQ)
Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ)
Centre d'études et de recherche en calcul appliqué (CERCA)
Centre francophone de recherche en informatisation des organisations (CEFRIO)
Conseil national de recherches du Canada (CNRC)
Défense Nationale
Environnement Canada
Fonds de développement technologique
IBM's Centre for Advanced Study (CAS)
Industrie, Sciences et Technologie Canada
Information Technology Research Centre (ITRC)

Institut canadien de recherche en télécommunications (ICRT)
Institute for Robotics and Intelligent Systems (IRIS)
Precompetitive Applied Research Network (PRECARN)
Telecommunications Research Institute of Ontario (TRIO)
Transports Canada

internationaux

Brésil: Centre for Software Technology (CITS)
France: Institut national de recherche en informatique et en automatique (INRIA), Laboratoire d'automatique et d'analyse des systèmes (LAAS)
Allemagne: German National Research Centre for Computer Science (GMD), Bavarian Research Centre for Science Based Systems (Forwiss)
États-Unis: Software Engineering Institute (SEI), Massachusetts Institute of Technology (MIT)



Centre de recherche informatique de Montréal

1801, avenue McGill College, bureau 800
Montréal, Québec H3A 2N4
Téléphone : (514) 398-1234
Télécopieur : (514) 398-1244
Métro : McGill



SCIENCE CLIPS

Culottes courtes et décolletés: les modes enfantines au XIX^e siècle

«C'EST UN VIEIL ALBUM DE PHOTOS QUI M'A MIS LA PUCE À L'OREILLE.

J'AVAIS REMARQUÉ QUE LES GARÇONS ÉTAIENT HABILLÉS COMME DES

FILLES, À UN POINT TEL QU'IL ÉTAIT PRATIQUEMENT IMPOSSIBLE DE DIS-

TINGUER LE SEXE DE L'ENFANT! JE ME

SUIS ALORS DEMANDÉ SI DES MOTIFS

LATENTS ÉTAIENT À MÊME D'EXPLIQUER

cette coutume surprenante», raconte l'ethnologue Louise Gagnon. La jeune femme poussa donc sa réflexion plus loin et, alors qu'elle était étudiante en arts et traditions populaires à l'Université Laval, rédigea un mémoire de maîtrise sur le sujet. L'ouvrage, publié par l'Institut québécois de recherche sur la culture sous le titre *L'Apparition des modes enfantines au Québec*, lui a valu le prix Edmont-de-Nevers 1992. Son étude démontre qu'à travers les choix vestimentaires des parents, se cachent des messages implicites sur leur propre conception de l'enfance. En fait, c'est toute l'organisation socio-économique d'une classe sociale que reflètent les modes enfantines du XIX^e siècle.

Pour décoder ces messages, la chercheuse a entre autres scruté à la loupe différentes archives iconographiques, dont les photos d'environ 10 000 enfants de moins de 12 ans exécutées par l'équipe du studio montréalais William Notman, des collections de costumes de différents musées, des inventaires de biens après décès mentionnant le contenu des garde-robes des enfants, des des-

sins et des tableaux d'artistes. De prime abord, on s'étonne que l'étude soit centrée sur des enfants bourgeois habillés de leurs plus beaux atours, et non vêtus de costumes de la vie quotidienne. Mais il faut se rappeler que les premières modes enfantines sont d'abord un phénomène de classe, réservé à l'élite coloniale urbaine. «Et puis, explique Louise Gagnon, les costumes d'apparat revêtaient de l'importance car ils nous renvoient l'image que les adultes cherchaient à transmettre de leurs enfants au moment des activités de représentation sociale.»

La coutume de l'époque est assez curieuse. Il semble que tous les moyens soient bons pour efféminer les jeunes garçons. Dès les années 1820, on se plaît à nier la masculinité de l'enfant en lui accordant le principal attribut vestimentaire du sexe féminin: la robe. Et qui plus est, la robe blanche, qui tient une place importante dans la garde-robe des garçons avant qu'ils n'aient quatre ans. Certaines familles bourgeoises vont même jusqu'à vêtir de la même façon deux enfants de sexe différent, à un point tel qu'on croirait voir deux sœurs! Souvent, le port de la chevelure longue et bouclée, et parfois même des longs boudins, prérogatives de l'enfance féminine, est une autre tactique employée pour associer les garçons aux fillettes.

Même après l'abandon de la robe, à l'âge de quatre ans, on continue à maintenir cette confusion sexuelle. L'habillement des garçons, tout en se différenciant de celui des filles, n'est pas encore comme celui des hommes et continue d'être influencé par les modes féminines. Ainsi, très populaire chez les garçons au tournant des années



11213

WILLIAM NOTMAN. MISS N. & MAST. G. PEARCE, MAI-AOÛT 1864.

PHOTOS: MUSÉE MCCORD D'HISTOIRE CANADIENNE

MAI - JUIN

INTERFACE

MMXXIII



1830, la tunique conserve une coupe et des décorations à caractère féminin, et se porte non pas avec le col rigide et la cravate de l'homme, mais plutôt avec le collet des femmes. En fait, c'est principalement le port du pantalon qui associe les garçons aux hommes. Cependant, vers 1855-1865, soit avant la disparition de la mode des tuniques, certains jeunes garçons enfilent plutôt le pantalon de lingerie des fillettes.

Une mode d'allure plus masculine réussit une percée au cours des années 1860. Durant cette décennie, les garçons bourgeois de plus de quatre ans portent des « knickerbockers », une culotte qui fut adoptée subséquemment par les golfeurs. Cette nouveauté d'origine américaine donne alors naissance à la mode des « culottes courtes », qui n'accorde toutefois pas encore au garçon le privilège de porter le pantalon, attribut exclusif de l'homme. Comme si ces transformations vestimentaires scandaient une ascension progressive vers une « finalité vestimentaire » réservée aux adultes... Pourquoi cette barrière entre ce qui convient à l'enfance et ce qui sied au monde adulte?

Selon Louise Gagnon, l'assimilation vestimentaire du garçon au monde des femmes traduit une conception de l'enfance propre au modèle familial bourgeois. Un modèle qui repose sur l'exclusion de la femme et des enfants des tâches reliées à la survie économique de la famille, et ce, au seul profit de l'homme. « Selon nous, ces costumes viennent souligner d'une façon évidente la particularité de l'enfance des garçons par rapport à celle des filles. Durant son enfance, le garçon bourgeois vit dans un état de dépendance économique envers l'homme, condition qui a un caractère passager, contrairement au statut de la fille. Il est donc plausible que son costume, à la fois différent de celui des femmes et de celui des hommes, ait pour fonction latente d'évoquer l'exis-

tence d'une phase de transition entre la dépendance et l'autonomie économique; un changement de rôle économique majeur qui se produit seulement pour les enfants de sexe masculin. » Autrement dit, il est normal que le garçon adopte une allure féminine puisqu'il partage, du moins temporairement, le rôle social de la femme. Avec l'âge, l'apparition de costumes plus masculins signale son retrait progressif du monde des femmes.

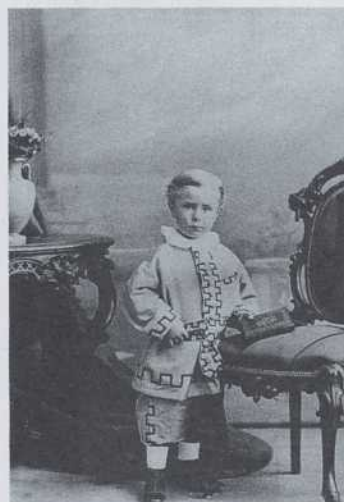
À part la mode féminine, une deuxième source d'inspiration semble influencer les costumes réservés aux

un habit terne et empreint de sobriété. Selon lui, la vêtue de la femme et des enfants véhicule un message latent sur la puissance d'un pourvoyeur masculin et leur état de dépendance économique. Au même titre, les uniformes militaires véhiculent par procuration des messages sur le patriotisme et les allégeances politiques du chef de famille.

Pour étayer ses hypothèses, Louise Gagnon a comparé l'habillement des bourgeois avec celui des habitants des campagnes. Or il apparaît que les garçons de condition modeste témoignent d'un



WILLIAM NOTMAN, MAST. L.D. ROSS,
MARS-JUIN 1865.



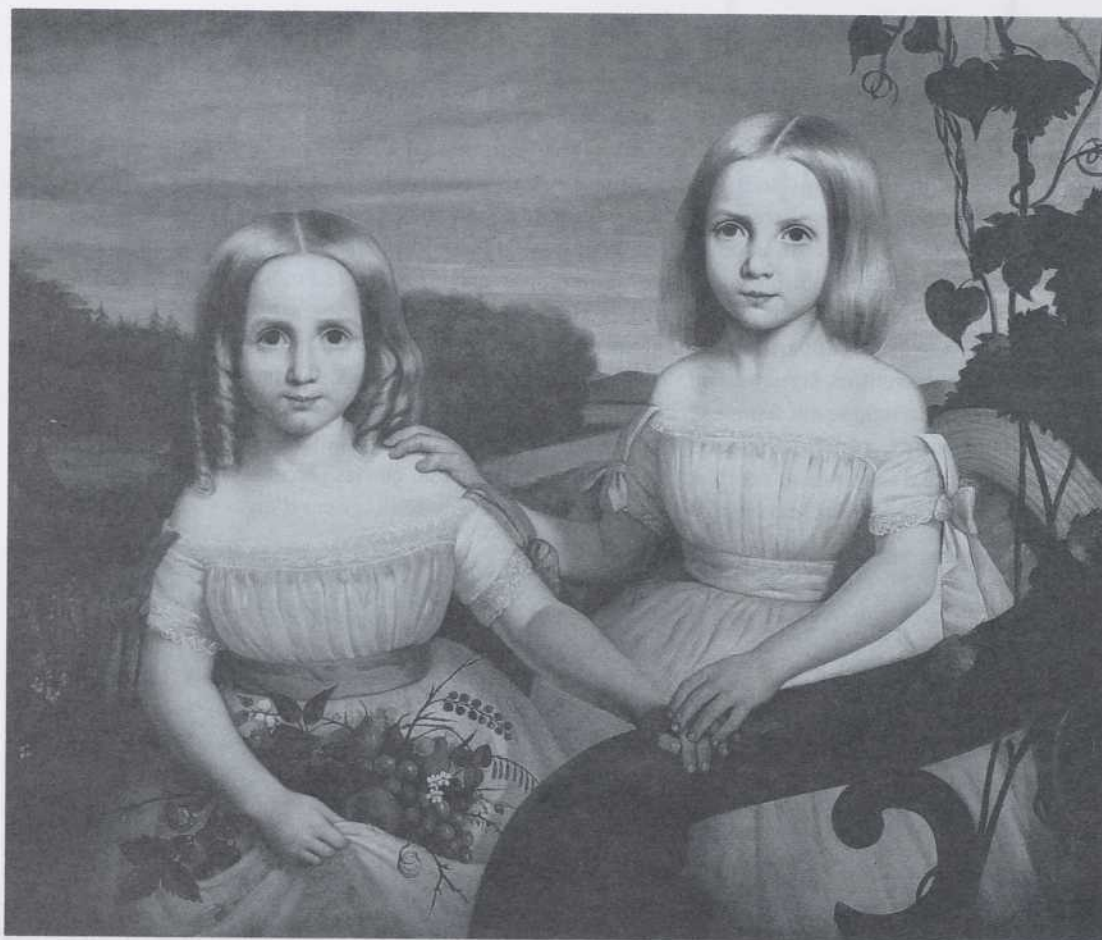
WILLIAM NOTMAN, MASTER PERCY HODGINS,
1863.



WILLIAM NOTMAN, MASTER HENRY
WILDGRASS, JUIN-AOÛT 1863.

garçons: les uniformes militaires. Ainsi, à Montréal, certains jeunes garçons, principalement d'origine écossaise, deviennent les porte-étendard des sentiments patriotiques de leur père en portant le costume écossais. D'autres revêtent des habits qui s'inspirent des uniformes de l'infanterie et de la marine. Pour expliquer cette tendance, Louise Gagnon reprend la théorie de Thorstein Veblen, économiste de la fin du XIX^e siècle, de qui s'inspirent largement les hypothèses de la chercheuse. Veblen insiste sur la consommation par procuration à laquelle se livre l'homme bourgeois en habillant sa femme de vêtements somptueux alors qu'il se réserve

mimétisme précoce du modèle du père. Le garçon est dépeint comme un adulte miniature, et les écrits soulignent même que sa ressemblance avec l'homme englobe l'usage de la pipe! « C'est que, explique la chercheuse, chez les habitants, l'homme, la femme et les enfants assument leur part respective du travail pour assurer la subsistance de tous les membres de la famille. Conséquemment, il semble que cette participation aux tâches de production se reflète dans leur habillement. » Autre indice révélateur, la vêtue des garçons se masculinise avec la montée du mouvement d'émancipation féminine, dans les années 1920, précisément à l'époque où



THÉOPHILE HAMEL. FLORE ET OLYMPE CHAUEAU, VERS 1852. HUILE SUR TOILE.

le costume traduit des changements dans le rôle traditionnel de la femme, avec l'abandon du corset et de la robe longue, et l'adoption du pantalon.

En cours de recherche, Louise Gagnon a fait une curieuse découverte. «Au départ, je croyais que l'habillement des petites filles ne se distinguait pas de celui de leur mère. Mais à travers cette apparente ressemblance, j'ai pu établir des normes de pudeur particulières à l'enfance.» Bien sûr, la forme générale de la robe des fillettes est conditionnée par tous les caprices de la mode féminine. Et même si son corps se soumet plus difficilement aux normes prescrites, l'enfant emprunte le «moule» qui respecte les critères de beauté d'alors, c'est-à-dire les manches et les jupes de robes bien déployées pour mieux sou-

ligner la finesse de la taille. «Cependant, cette ressemblance est trompeuse. En observant bien, on remarque que la toilette des fillettes dénote des distinctions vestimentaires.»

D'abord, plus la fillette grandit, plus la robe allonge. Autre fait intéressant, les robes dévoilent certaines parties du corps, soit la gorge, les épaules et les bras. Or, durant le jour, la femme mariée dissimule précisément aux regards ces trois parties corporelles, qu'elle révèle seulement le soir, dans des robes plus affriolantes. «L'impudeur des fillettes marquait, de façon latente, une totale ignorance des jeux de la séduction féminine, qui reposaient sur la dénudation progressive de la gorge, des épaules et des bras avec l'écoulement des heures de la journée. La vêtue de la fillette évoquait inconsciemment son exclusion des tactiques vestimentaires de séduction qui se déroulaient le soir. À notre avis, la robe impudique laissait donc sous-entendre l'innocence et la pureté de l'enfant. De façon manifeste, la couleur de cette robe, souvent blanche, accentuait cette image que les bourgeois cherchaient à mettre en valeur.» Empruntant le même raisonnement pour expliquer les costumes efféminés des garçons, la chercheuse suggère que la fillette portait des robes qui la faisaient ressembler à la femme mariée car elle partageait avec cette dernière une situation de dépendance économique.

Toutes ces transformations vestimentaires des garçons et des fillettes démontrent certes une reconnaissance de la particularité de l'enfance. «Mais, estime Louise Gagnon, cette reconnaissance renvoie l'image de l'enfant en tant qu'adulte inachevé et elle ne s'exprime pas nécessairement par une adaptation aux besoins de l'enfant, qui se voit contraint à une certaine lourdeur dans l'habillement.»

CLAIRE GAGNON

PHOTO: MUSÉE DU QUÉBEC / PATRICK ALTMAN



2^e édition

Du bruit pour mieux entendre

LE BRUIT AIDE À ENTENDRE! QUE LES PARENTS D'ADO-

LESCENTS AMATEURS DE MUSIQUE ROCK NE S'EN FASSENT PAS: IL NE S'AGIT PAS DE LEUR PROUVER QU'ILS DOIVENT Désormais ÉCOUTER SANS SOURCILLER LA MU-

SIQUE DE LEURS REJETONS. C'EST PLUTÔT UNE NOUVELLE HYPOTHÈSE ÉMISE

par le professeur André Longtin, du Département de physique de l'Université d'Ottawa, et ses collaborateurs américains, Adi Bulsara et Frank Moss.

En fait, le bruit dont il s'agit ici désigne le bruit neuronal, soit celui produit par l'activité électrique des cellules des organes sensoriels. Ce bruit n'est pas perçu; pourtant, selon cette hypothèse, il aurait en réalité un rôle essentiel à jouer pour la détection des signaux de notre monde extérieur.

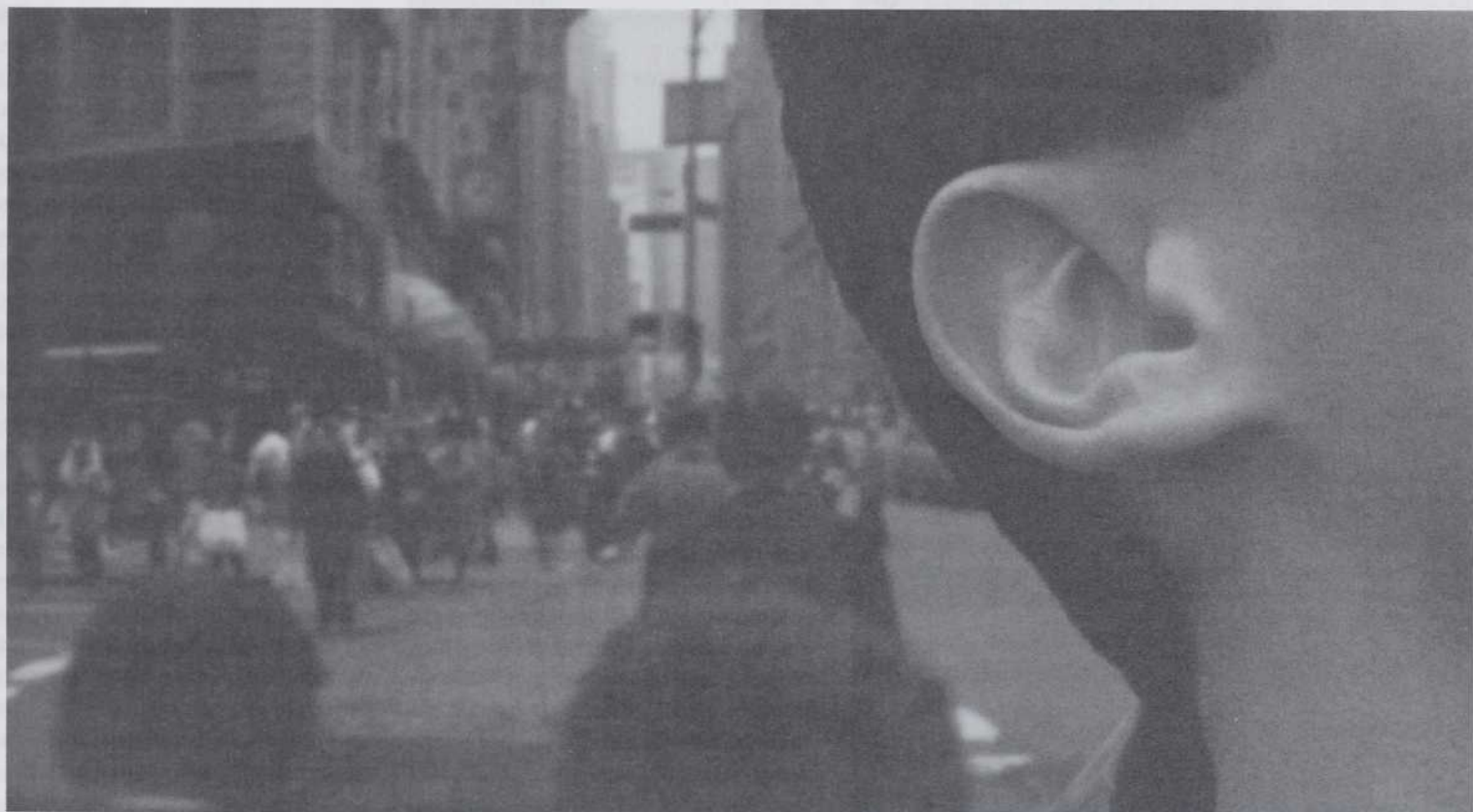
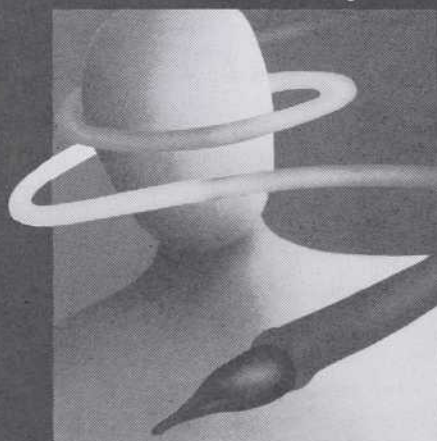


ILLUSTRATION: LORTI/MOUSSEAU

2^e édition

Concours de Vulgarisation Scientifique



Ce concours organisé par l'Acfas et financé par le MESS s'adresse aux professeurs et professeurs de cégep et d'université, aux chercheuses et chercheurs des centres publics ou privés de recherche ainsi qu'aux étudiantes et étudiants universitaires de 2^e et 3^e cycles qui désirent faire connaître la recherche au grand public.

Lauréate et lauréats de la 1^{ère} édition

L'EXPLOSION COMBINATOIRE

Anne Bergeron, professeure, informatique, UQAM

UN CHEVAL DE TROIE CHEZ LES INSECTES

Daniel Doucet, étudiant, biologie, Université Laval

CES PETITS TROUS QUI VOUS CRÈVENT LE COEUR

Robert Dumaine, étudiant, physiologie, Université de Sherbrooke

DIEU CRÉA LE CHAOS... ET UN PEU PLUS TARD, LA SCIENCE DU CHAOS

Nicolas Marchand, assistant de recherche, psychologie, Centre de recherche du Centre hospitalier Côte-des-Neiges

LES FOUS DU FLOU

Arturo Sangalli, professeur, mathématiques, Collège Champlain de Lennoxville

LA POLLUTION PÉTROLIÈRE EN MILIEU MARIN: OÙ EN SONT LES RECHERCHES APRÈS 25 ANS ?

Robert Siron, associé de recherche, écotoxicologie, INRS - Océanologie

Pour tout renseignement sur les modalités de participation et l'obtention du guide de vulgarisation scientifique, s'adresser à:

Association canadienne-française pour l'avancement des sciences

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

Tél.: (514) 849-0045 Téléc.: (514) 849-5558



Traditionnellement, on considère très intuitivement que le rapport signal/bruit est maximal lorsque le bruit est minimal. Selon la suggestion du professeur Longtin, il existerait plutôt un certain niveau de bruit qui permettrait un rapport signal/bruit maximal: c'est ce qu'on appelle la «résonance stochastique». Sans bruit, le signal ne serait pas transmis alors qu'une quantité appropriée de bruit aiderait à sa transmission. Bien sûr, s'il y a trop de bruit, seul ce dernier sera transmis. Il y aurait donc une gamme de bruit optimale pour faciliter la transmission des signaux. Cette hypothèse est tout aussi valide pour d'autres systèmes sensoriels tels que les systèmes tactile, visuel et thermo-sensoriel.

Le neurone est un dispositif qui accumule toutes les influences qu'il reçoit. Lorsque son activité dépasse une certaine valeur, une décharge électrique part vers d'autres neurones. Par contre, si l'activité est trop basse, il reste silencieux. Or le bruit hausse le niveau moyen d'activité du neurone, augmentant ainsi ses chances de produire une décharge. On peut représenter le niveau d'activité d'une cellule dû au bruit par une bille en oscillation dans une cuvette. Si la bille reçoit une impulsion additionnelle (le signal) au moment où elle est en train de remonter sur la paroi de la cuvette, il y a plus de chances qu'elle passe le seuil (c'est-à-dire qu'elle s'échappe de la cuvette) que si elle avait reçu cette impulsion alors qu'elle était au fond, au repos.

L'hypothèse d'André Longtin et de ses collaborateurs permet de reproduire ce même type de comportement. Le phénomène peut être compris à l'aide du modèle très simplifié d'un système à deux états (ou deux cuvettes): un état de repos et un état excité avec un seuil à franchir pour passer de l'un à l'autre.

Avec seulement du bruit, le système pourrait passer de l'un à l'autre et émettre une décharge. Lorsque l'organe sensoriel reçoit un stimulus périodique, toutefois, les décharges neuronales se mettent à suivre les oscillations du signal même si ce dernier n'est pas suffisamment fort pour produire un tel effet.

Le bruit neuronal servirait donc à amplifier le signal, permettant au neurone de passer d'un état à l'autre, et par le fait même à émettre une décharge. Le signal ainsi transmis serait ensuite décodé par le cerveau, qui en déduirait la fréquence et l'intensité du stimulus.

L'hypothèse, publiée pour la première fois en 1991 dans la revue la plus prestigieuse pour les physiciens, *Physical Review Letters*, a attiré l'attention de l'éditeur de la revue *Nature* qui, la trouvant fort intéressante, en fit l'objet d'un éditorial en août 1991. Cet honneur la rendit accessible au milieu biomédical et suscita une certaine controverse quant à l'importance du phénomène pour l'encodage des stimuli. Selon certains opposants, le modèle reproduit les statistiques des décharges, mais pas nécessairement leur séquence temporelle.

Quoi qu'il en soit, cette hypothèse donne déjà espoir en des applications très prometteuses. En effet, on se demande s'il ne serait pas possible d'ajouter une source externe de bruit afin d'améliorer la perception auditive d'individus ayant une déficience auditive. Présentement, des collaborateurs d'André Longtin mettent au point un implant cochléaire en utilisant l'idée selon laquelle le bruit aiderait à la détection des signaux. Le bruit neuronal, bien sûr, pas la musique «heavy metal»!

LOUISE CAMPAGNA



Quand le petit homard retourne au fond de l'eau

APRÈS L'ÉCLOSION DES ŒUFS SOUS L'ABDOMEN DE LA FEMELLE, LES LARVES DES HOMARDS, ALORS À L'ÉTAT DE ZOOPLANCTON, FONT UN SÉJOUR D'ENVIRON UN

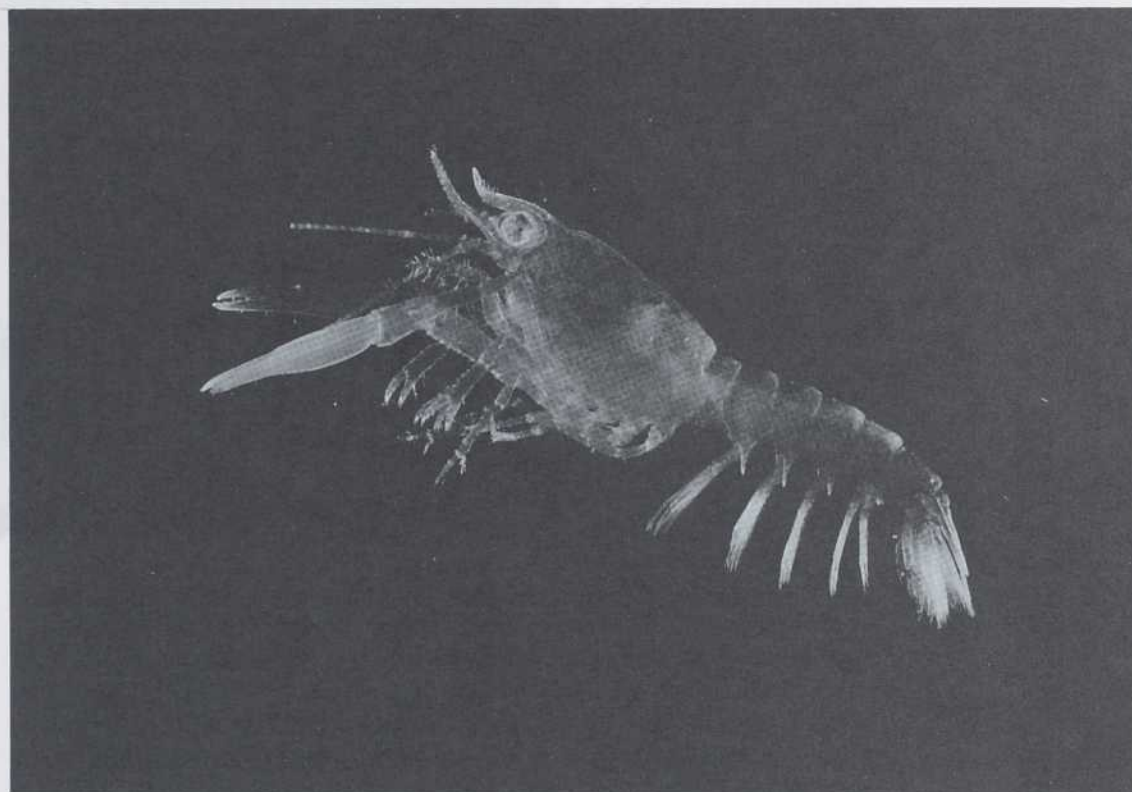
MOIS À LA SURFACE DES MERS. PUIS, ELLES SE MÉTAMORPHOSENT EN DE VÉRITABLES PETITS HOMARDS MINIATURES, APPELÉS « POSTLARVES ». COMMENCE

alors, pour celles qui ont survécu aux prédateurs (moins de 1 p. cent!), un long voyage vers les fonds marins, l'habitat naturel du homard.

Or il existe des fonds marins plus propices que d'autres au développement de ce crustacé. Les postlarves en migration vers les profondeurs sont-elles capables de repérer les bons endroits et de s'y diriger? Les biologistes de l'écologie marine en débattent encore. Toutefois, les récents travaux de Bernard Boudreau, réalisés dans le cadre d'un doctorat à l'Université Laval sous la direction d'Edwin Bourget et d'Yvan Simard, tendent à nous faire répondre par l'affirmative: contrairement à ce que certains pensent, les postlarves ne seraient pas totalement passives et leur migration ne se ferait pas uniquement au gré des vents et des courants marins. Ces travaux revêtent une grande importance, car si l'on possède énormément de renseignements sur le développement, le comportement et l'anatomie du homard juvénile et adulte, on ignorait, jusqu'à récemment, presque tout des variables gouvernant le retour des postlarves sur les fonds marins. Pourtant, cette partie du cycle de vie

tensive lumineuse ambiante comme indicateur de la qualité de l'abri, l'absence de lumière signifiant que l'on est bien caché. Il s'agit là d'un comportement cryptique.

Bernard Boudreau a par la suite observé, toujours en laboratoire, que les jeunes homards savent également reconnaître leur milieu de prédilection à partir des signaux chimiques présents dans l'eau de mer — par exemple, l'odeur de certaines algues et celle de homards adultes. Les grandes algues sont habi-



POSTLARVE DE HOMARD

des homards constitue un élément clé de la dynamique des populations.

Bernard Boudreau a tout d'abord montré en laboratoire que le jeune homard d'Amérique préfère les fonds rocheux fissurés aux fonds sableux. «À ce stade de sa vie, il est particulièrement vulnérable à la prédation, explique-t-il. Pouvoir se cacher dans une fissure devient donc une question de vie ou de mort.» Le chercheur s'est rendu compte que les postlarves utilisent surtout l'in-

tuellement associées aux fonds rocheux peu profonds. La postlarve pourra donc, en utilisant ce signal, se diriger vers les habitats propices en se servant de ses capacités natatoires. Selon le chercheur, le jeune homard de seulement quelques centimètres peut nager à la vitesse moyenne de 20 centimètres par seconde, une vitesse très rapide pour une larve d'invertébré. Le chercheur croit même qu'il s'agit d'une adaptation évolutive de l'espèce, sa survie



dépendant, à ce stade critique de son développement vital, du substrat qu'elle réussit à trouver. À l'inverse, Bernard Boudreau a observé que, lorsqu'elles sont soumises à des signaux chimiques indiquant un danger, telle l'odeur d'un poisson prédateur, les postlarves de homard adoptent un comportement de fuite.

Toutefois, les signaux chimiques ne peuvent être détectés par le jeune homard qu'à courte distance. À une plus grande échelle, ces derniers doivent utiliser un autre indicateur: la température. Le homard préfère, en effet, en plus des fonds rocheux, les eaux peu profondes situées en général près des côtes, où la température est plus ou moins homogène. Les postlarves réagiraient donc à tout gradient thermique

synonyme de grande profondeur —les eaux profondes étant plus froides— pour ne se laisser descendre que dans les eaux à température homogène. Malheureusement, des forts vents, comme les tempêtes, peuvent venir déjouer le homard en uniformisant la température des eaux du large. Dans ces conditions, les larves de homard se tromperaient et l'espèce connaîtrait de lourdes pertes.

Bernard Boudreau, lui-même Madelinot, a examiné cette hypothèse pour la région des Îles-de-la-Madeleine. À l'aide d'un relevé météorologique, il a noté une corrélation entre les mauvaises années de pêche au homard et l'existence de forts vents huit années auparavant, soit le temps nécessaire à une postlarve pour devenir un homard de taille réglementaire pour la pêche. La recherche doit

toutefois être poursuivie, l'influence des vents et de la température de l'eau de mer n'expliquant qu'en partie les variations observées dans l'abondance de la population adulte.

La pêche au homard dans le golfe du Saint-Laurent et sur la côte atlantique, contrairement à celle de la morue, a subi ces dernières années des augmentations spectaculaires. Mais rien ne garantit les niveaux de prises pour les années à venir, selon Bernard Boudreau. Ce dernier mentionne que tant que l'on ignorera les causes exactes du succès historique de la pêche, on fera face à l'incertitude. «Le homard est l'objet de pêche le plus important des Îles-de-la-Madeleine. L'espèce m'est très chère», de conclure le chercheur.

PIERRE DUBOIS

Les hauts, les bas d'une bille de verre

POUR LA PREMIÈRE FOIS, DES CHERCHEURS DU LABORATOIRE D'OPTIQUE

ET DE SPECTROSCOPIE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL ONT TENTÉ DE FABRIQUER SANS CONTENANT DU VERRE À BASE D'ALUMINE DANS DES CONDITIONS

LTS (LASER TEST SYSTEM)
DE L'ASC (AGENCE SPATIALE
CANADIENNE) LORS DU
VOL DE FÉVRIER 1993.
CE SYSTÈME A PLUSIEURS
UTILISATEURS: L'ÉCOLE
POLYTECHNIQUE (VERRES),
L'INSTITUT DES MATÉRIAUX
INDUSTRIELS
(SUPRACONDUCTEURS) ET
L'UNIVERSITÉ MCMASTER
(SOUDURE AU LASER).

d'apesanteur. L'objectif? Obtenir un matériau aux caractéristiques nouvelles qui permettra peut-être d'améliorer certains dispositifs optiques comme les lasers.

Depuis quelques années, les expériences en microgravité se sont multipliées essentiellement dans deux domaines: en biologie, où l'on étudie l'influence de l'apesanteur sur le vivant, et en sciences des matériaux. «Pour nous, la microgravité est un nouveau type de laboratoire», explique François Babin, attaché de recherche et réalisateur de ces travaux. Sur la Terre, la physique des matériaux est limitée par les

effets de la gravité. Par exemple, lorsque plusieurs phases de densité différente coexistent dans un matériau, la gravité peut avoir des effets néfastes sur l'homogénéité. En supprimant cette force ou en la réduisant le plus possible, la ségrégation des différentes phases disparaît. On peut ainsi, grâce à la microgravité, espérer obtenir de nouvelles structures plus homogènes. Si d'autres verres, à base de silice ou de fluor, ont déjà été synthétisés dans des conditions d'apesanteur, il s'agit bien là d'une première pour le verre à base d'alumine.

Les chercheurs, sous la direction du professeur Jean-Marie Gagné, se sont



fixé comme mission de produire du verre homogène de très haute qualité à partir de composés d'oxydes d'aluminium et de calcium ou d'oxydes d'aluminium et de magnésium, composés qui



se vitrifiant à des températures de l'ordre de 2000 °C. Les verres produits en microgravité présentent un fort potentiel d'applications, en particulier dans le domaine de l'optique, pour la réalisation d'amplificateurs lasers, de composants optoélectroniques, de lentilles, etc. Idéalement, un verre parfait devrait être totalement amorphe, c'est-à-dire qu'il ne devrait contenir aucun microcristal. Le point de départ de la synthèse d'un tel verre est une poudre d'oxyde compactée qui se présente sous la forme d'une bille de quelques millimètres de diamètre. Cette bille est chauffée à très haute température, devient liquide, puis est refroidie brutalement. Plus la vitesse de refroidissement est élevée, plus grandes sont les chances d'obtenir un matériau totalement amorphe. Pour le chauffage, les chercheurs utilisent un laser au gaz carbonique qui permet d'atteindre localement une température suffisamment élevée et un refroidissement très rapide (simple-ment en coupant brusque-

ment l'alimentation de la source laser). La vitrification parfaite est un phénomène difficile à maîtriser, la moindre impureté dans le produit de départ ou la plus petite anomalie au moment du refroidissement pouvant engendrer une cristallisation partielle ou totale du matériau. La seule façon d'éviter toute contamination de la matière première consiste à ne pas mettre celle-ci en contact avec d'autres matériaux, quels qu'ils soient.

C'est là qu'intervient la microgravité. Sur la Terre, l'absence de contact s'obtient en soumettant la bille à la lévitation sur un jet d'air (ou d'un gaz, comme l'argon) ou en la piégeant dans une onde acoustique stationnaire. En microgravité, non seulement le phénomène de solidification se déroule différemment, mais le maintien de la bille est plus stable et les risques de contamination plus

faibles. «Plusieurs possibilités sont envisageables lorsqu'on souhaite réaliser de telles expériences, dit François Babin. L'équipement le plus simple est une tour à chute libre, de hauteur variable, dans laquelle l'apesanteur est obtenue en laissant tomber l'objet, au cours d'une chute qui dure quelques secondes. Plusieurs tours existent dans le monde, notam-

logies. Au cours d'une journée, l'avion réalise une quarantaine de paraboles, de gigantesques « montagnes russes », où les phases de chute libre de 20 secondes sont entrecoupées de périodes d'accélération de 1,8 G.

« Nous avons placé 15 billes de matière première sur un carrousel, dont des billes de référence en oxyde d'aluminium (alumine), pour le calibrage de l'appareillage, explique François Babin. Pour minimiser les contacts, les billes étaient soudées par laser sur une fibre de saphir ou d'alliage de platine et de rhodium de 125 microns de diamètre, qui les maintenait en place pendant le vol. Pour l'instant, nous n'avons pas d'autres possibilités: tous les systèmes sans contact utilisés sur la Terre sont inopérants en microgravité puisqu'ils sont basés sur la compensation de la force de gravité. La seule exception est le piège acoustique, dont une version spécialement destinée à la microgravité est en cours

d'élaboration. » Les 15 billes de verre ont ensuite pris le chemin de la France, où elles sont actuellement analysées au Centre de recherche sur la physique des hautes températures à Orléans, qui fournit également à l'École polytechnique la matière première. « Tant que la caractérisation des matériaux n'est pas terminée, nous ne pouvons rien dire des propriétés et des applications possibles pour ces matériaux, conclut François Babin. Mais on pense déjà à la fabrication d'amplificateurs lasers ou de fenêtres optiques. »

VALÉRIE BORDE



AVION KC-135 DE LA NASA EFFECTUANT UNE TRAJECTOIRE PARABOLIQUE AU HAUT DE LAQUELLE IL Y A 20-25 SECONDES DE GRAVITÉ RÉDUITE (APESANTEUR).

PHOTOS: NASA

ment aux États-Unis, mais le temps de chute n'y est pas suffisant pour que la synthèse du verre puisse être réalisée. » Au Canada, le CNRC possède deux avions, un biplace, le T-33 et un Falcon 20, destinés à des expériences en microgravité. « Là, c'est le volume disponible à l'intérieur de l'avion qui n'est pas suffisant », raconte le chercheur. Finalement, une expérience s'est déroulée à Houston la dernière semaine de février, à l'intérieur d'un avion KC-135 (un Boeing 707 modifié) loué quelques semaines par an à la NASA par l'Agence spatiale canadienne (ASC). L'équipement laser embarqué a été construit pour l'ASC par une société de Dorval, MBP Techno-



Les Lapons, premiers autochtones de Scandinavie?



CE NE SONT PAS LES SCANDINAVES MAIS LES LAPONS QUI AURAIENT
ÉTÉ LES PREMIERS HABITANTS DE LA SCANDINAVIE. L'HYPOTHÈSE

ET L'ARGUMENTATION

DE KENNETH JACOBS, PROFESSEUR
D'ANTHROPOLOGIE À L'UNIVERSITÉ DE
MONTREAL, VONT À L'ENCONTRE DE

l'idée généralement admise selon la-
quelle les Lapons seraient arrivés dans
le nord de l'Europe bien après les Scan-
dinaves.

Kenneth Jacobs s'intéresse depuis
longtemps aux populations du paléo-
lithique et du mésolithique en Europe
occidentale et centrale. Lors d'un ré-
cent voyage d'études à Petersbourg (l'ex-
Léninegrad), il a voulu mettre à l'épreuve
des hypothèses qu'il avait émises au
sujet de la variabilité biologique des po-
pulations mésolithiques tout au long de
la plaine russe, des Carpathes à l'Oural.
Il a comparé les données publiées sur
un cimetière en Ukraine avec celles d'un
échantillon de squelettes trouvés dans
des gisements de l'ouest et du centre de
l'Europe. Surprise : ou bien les mesures
étaient fausses, ou bien il s'agissait de
populations différentes, ou bien en-
core, nous devrions revoir toutes nos
explications...

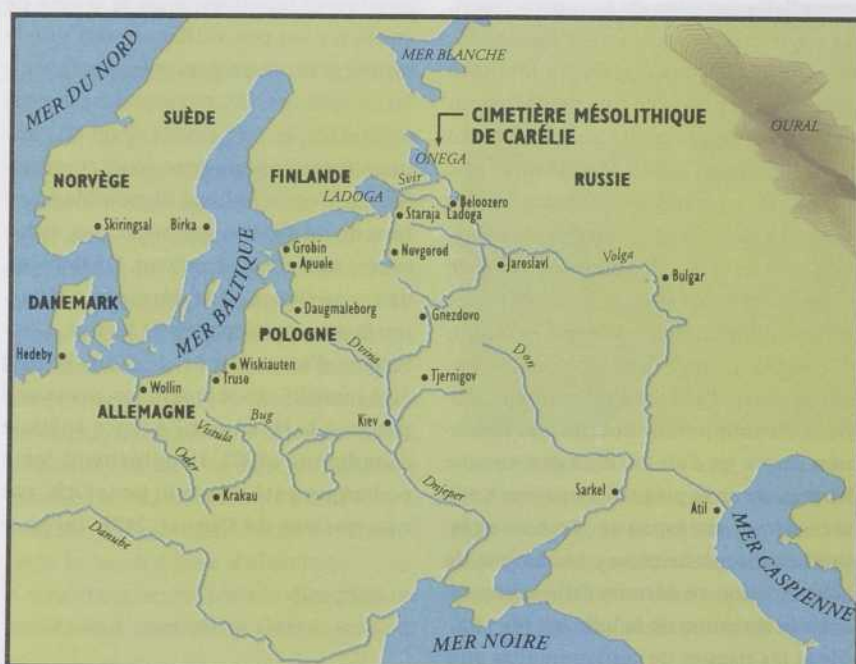
Parmi les échantillons soviétiques
que Kenneth Jacobs a étudiés à Peters-
bourg, se trouvaient ceux d'un immense
cimetière découvert sur une île du lac

Onega dans la république russe de Ca-
rélie. Ce cimetière a été découvert dans
les années 1930. Ce qui a frappé les
premiers observateurs, c'est sa taille
gigantesque. Les très vieux cimetières
européens accueillent rarement plus
que quelques douzaines d'individus.
Or, dans le cimetière du lac Onega, 170
squelettes ont été retrouvés et certains
indices laissent entendre que 500 indi-
vidus y auraient été enterrés. Les anthro-
pologues russes avaient alors conclu
qu'il s'agissait d'un cimetière d'agricul-
teurs puisque les chasseurs-cueilleurs,

à leur avis, n'avaient pas de cimetières
aussi vastes. Ils concluaient, par ailleurs,
que cette communauté connaissait déjà
une stratification sociale entre riches
et pauvres : certaines tombes étaient
vides, tandis que d'autres contenaient
de nombreux artefacts (sculptures,
pointes lithiques, dents d'ours perfo-
rées). Ils avaient attribué ce cimetière
à la présence d'une population néoli-
thique, 3 000 ans avant notre ère.

« Le Nord-Est européen et le reste de
l'Europe septentrionale appartiennent
à la même zone biogéographique, ex-
plique Kenneth Jacobs. À quelques dé-
tails près, la largeur et la longueur des
os ou des dents retrouvés dans ce cime-
tière auraient dû être similaires aux me-
sures que l'on a faites ailleurs en Europe. »

Mais lorsqu'il a comparé les données
du cimetière de Carélie avec celles d'un
cimetière mésolithique, situé au sud de
la Suède et datant de 6 000 ans avant
notre ère, là encore, surprise : « Alors
que pour ce cimetière suédois, les don-
nées correspondent aux mesures que
les anthropologues obtiennent pour le
reste de l'échantillon squelettique du
mésolithique européen, les différences





avec les données du cimetière de Carélie restent importantes : les dents sont plus petites et les os plus longs dans le cimetière de Carélie qu'en Suède. » S'il s'agissait de populations de même origine mais plus grandes, les dents elles aussi auraient dû être plus grandes, comme le reste du corps. »

Entre-temps, des mesures plus poussées enregistrées au cimetière du lac Onega ont permis d'en savoir un peu plus sur les vestiges caréliens : l'analyse au carbone 14 des fragments d'os prélevés sur place date le cimetière de 7500 ans avant notre ère, donc largement avant l'apparition de l'agriculture dans la région. Par ailleurs, l'analyse chimique a montré que l'alimentation de cette population était à base animale, surtout du poisson, et ne comportait presque pas de végétaux. Conclusion : il ne s'agit pas d'agriculteurs, mais bien de chasseurs-cueilleurs implantés là depuis longtemps.

Qui étaient alors ces premiers habitants, installés dans cette région juste après la retraite de la calotte glaciaire, à la fin de la dernière glaciation ? Kenneth Jacobs pense qu'il s'agit de Lapons. « Les Saami, comme ils s'appellent eux-mêmes, ont effectivement des dents plus petites que les autres peuplades nord-européennes, et cet indice pourrait suggérer leur présence très ancienne au nord-est de l'Europe, bien avant celle des Scandinaves. »

L'origine des Lapons a suscité de nombreux débats. Traditionnellement, on attribuait leur présence à des migrations récentes — 3 000 ans avant notre ère, au plus tôt — à partir de la Mongolie, via l'Asie centrale. Leur taille, la forme de leur visage, leur peau plus foncée, leurs groupes sanguins différents souvent de ceux que l'on trouve habituellement dans toute l'Europe de cette époque, permettent en tout cas de le croire. « On est sûr de leur présence dans ces régions au début de notre ère, explique l'anthropologue. Dans son livre *Germania*, l'historien romain Tacite sépare les tributs du Nord-Est en deux groupes : Suédois, Norvégiens et Finlandais d'un côté, Lapons de l'autre. Il fonde cette différence sur le mode de

vie, sédentaire pour les trois premiers, nomade pour les seconds. »

Le mode de vie des Saami est bien différent de celui des autres Scandinaves. Que penser de leur langue ? Le suédois et le norvégien affichent clairement une origine indo-européenne. Mais traditionnellement, les linguistes rapprochent le finlandais et le saami, et les assimilent à un même sous-groupe dans la famille

phologique parlant, les figurines de Vénus, notamment, sont homogènes et les restes squelettiques des populations humaines ne le sont pas moins. La dernière glaciation (-18 000) détruit ce système. Les populations sont forcées de descendre vers le sud. Regardez une carte d'Europe. Il existe quatre poches où se réfugier pour échapper aux glaces : la péninsule ibérique, la péninsule ita-



des langues finno-ougriennes. De très récentes études laissent cependant penser que les similarités entre le finlandais et le saami seraient nettement moins évidentes qu'il n'y paraît : peut-être s'agit-il seulement d'une similarité de contact et non d'origine ? De toutes les langues finno-ougriennes, le saami serait la plus voisine d'une autre famille linguistique, la samoyède, parlée à l'est de l'Oural, avec laquelle la finno-ougrienne partagerait une même proto-langue ancestrale qui remonte, pense-t-on, à 8 000 ans avant notre ère. » Les traits reliant finlandais et saami seraient donc bien plus ténus qu'on ne l'imaginait.

En interrogeant ces données, et fort de la datation du cimetière de Carélie — 7500 ans avant notre ère, largement avant les premières traces que les Scandinaves, les « blonds aux yeux bleus », ont laissées —, l'anthropologue émet l'hypothèse suivante : « Avant la dernière glaciation, la continuité culturelle et biologique est évidente à travers toute l'Europe, de la Bretagne à la Volga. Mor-

lienne, les Balkans... et une bande de terre située entre la mer Noire et la mer Caspienne, où le climat doit être tempéré par la présence de deux mers et à laquelle les anthropologues se sont peu intéressés. Entre les trois poches de l'Ouest, les liens culturels et génétiques ont pu se poursuivre, même au plus fort de la glaciation. En revanche, les populations bloquées à l'est de la mer Noire étaient plus isolées. Or on sait aujourd'hui qu'une population coupée des autres acquiert des caractères génétiques propres, par des processus tels la dérive génétique ou l'effet fondateur. On sait, par exemple, que les populations amérindiennes sont originaires du Nord-Est asiatique. Pourtant, en Asie, la fréquence de l'allèle B du groupe sanguin ABO est très élevée alors que ce type de sang est très rare chez les Amérindiens, qui ont pourtant les mêmes ancêtres asiatiques. Une « dérive » génétique similaire a pu se produire pour les populations coincées entre la mer Noire et la mer Caspienne. Elle aurait été à la

PHOTOS : ÉVELINE BOURQUE



base de la différenciation biologique des populations est-européennes — parmi lesquelles se trouveraient les ancêtres des Lapons —, de celles de l'Europe occidentale et centrale.

Mais pourquoi les Saami seraient-ils les premiers à être remontés vers le Nord-Est européen, avant les Scandinaves, venus par l'Ouest? «On sait que la calotte glaciaire a commencé à reculer à partir de l'Est. On sait aussi que la Carélie et le nord-ouest de la Russie étaient écologiquement stabilisés avant le reste de l'Europe. Il nous semble fort probable que les rennes sont montés en Scandinavie non par le Danemark, comme on l'avait cru, mais par le nord, via la Russie et le corridor carélien. Tout naturellement, les populations de l'Est ont pu occuper ces terres de chasse, de pêche et de cueillette bien avant celles de l'Ouest.»

L'anthropologue montréalais bouscule donc l'idée reçue: les 30 000 Lapons qui occupent encore le nord-est de l'Europe ne seraient pas issus de migrations mongoles et asiatiques récentes, mais seraient les descendants des populations jadis destituées entre les deux mers de l'Europe du Sud-Est jusqu'aux terres du Nord-Est, avant les Scandinaves eux-mêmes.

«Les scientifiques ont toujours voulu appliquer à l'extrême-est de l'Europe les conclusions qu'ils dégagnaient pour l'Ouest sur le mésolithique et le néolithique. La supposition était toujours que tout le développement d'ordre biologique ou culturel s'est fait du monde occidental vers l'Est européen. Ainsi, on estime que l'agriculture a dû arriver dans ces régions par l'ouest de la mer Noire: Mésopotamie, Anatolie, Grèce, Balkans. Mais mes données récentes indiquent que l'agriculture existait en Ukraine 2000 ans avant les dates traditionnellement retenues à l'Ouest. Elle est peut-être arrivée en ligne droite de la Mésopotamie, par l'est de la mer Noire. Elle s'est peut-être même développée sans apport extérieur. Seules de nouvelles analyses paléanthropologiques me permettraient d'évaluer ces hypothèses.»

LAURENT FONTAINE

L'aphasie: un dérèglement bien réglé

UN NOUVEAU MODÈLE LINGUISTIQUE, LA THÉORIE DES CONTRAINTES ET DES STRATÉGIES DE RÉPARATION (TCSR), PERMET ENFIN DE PRÉVOIR LA NATURE ET LA DISTRIBUTION DES ERREURS PHONÉMIQUES SUSCEPTIBLES D'ÊTRE PRODUITES PAR DES PERSONNES APHASIQUES. GRÂCE À CE MODÈLE, IL DEVIENT DONC POSSIBLE DE CONSTRUIRE DES EXERCICES EN VUE DE RETARDER, CHEZ CES INDIVIDUS SOUFFRANT D'UN TROUBLE NEUROLOGIQUE, LA DÉTÉRIORATION DU LANGAGE ORAL, OU ENCORE, DE

faciliter le recouvrement de la parole lorsqu'un rétablissement est possible. C'est du moins ce que laisse entrevoir l'étude longitudinale d'un cas d'aphasie progressive réalisée sur une période de cinq ans par l'auteure même de la TCSR, Carole Paradis, du Département des langues et de linguistique de l'Université Laval, en collaboration avec Renée Bêland de l'Université de Montréal. Ces résultats ont également été confirmés par une étude de groupe portant sur 23 sujets aphasiques.

Selon cette théorie, les alternances phonologiques, soit toute variation sonore comme l'apparition ou la disparition d'un son (par exemple, disparition

du *t* dans «petit», dit tout seul, et prononciation du *t* dans «petit enfant»), proviennent de violations de contraintes, les contraintes constituant en fait les limites du système phonologique d'une langue. Lorsque ces limites sont violées, une stratégie de réparation est appliquée. Par exemple, en français québécois, les phonèmes [o] (comme dans *repos*) et [ɔ] (comme dans *robe*) sont distincts. Par contre, le phonème [ɔ] ne peut apparaître en finale de mot. Ainsi, la formation du diminutif de «professionnel» (*prof*essionnel), ce dernier devenant «pro», mènerait normalement à la forme «*prɔ*»; elle est réparée par l'application d'une stratégie transformant la voyelle moyenne «ɔ» en voyelle haute «o».

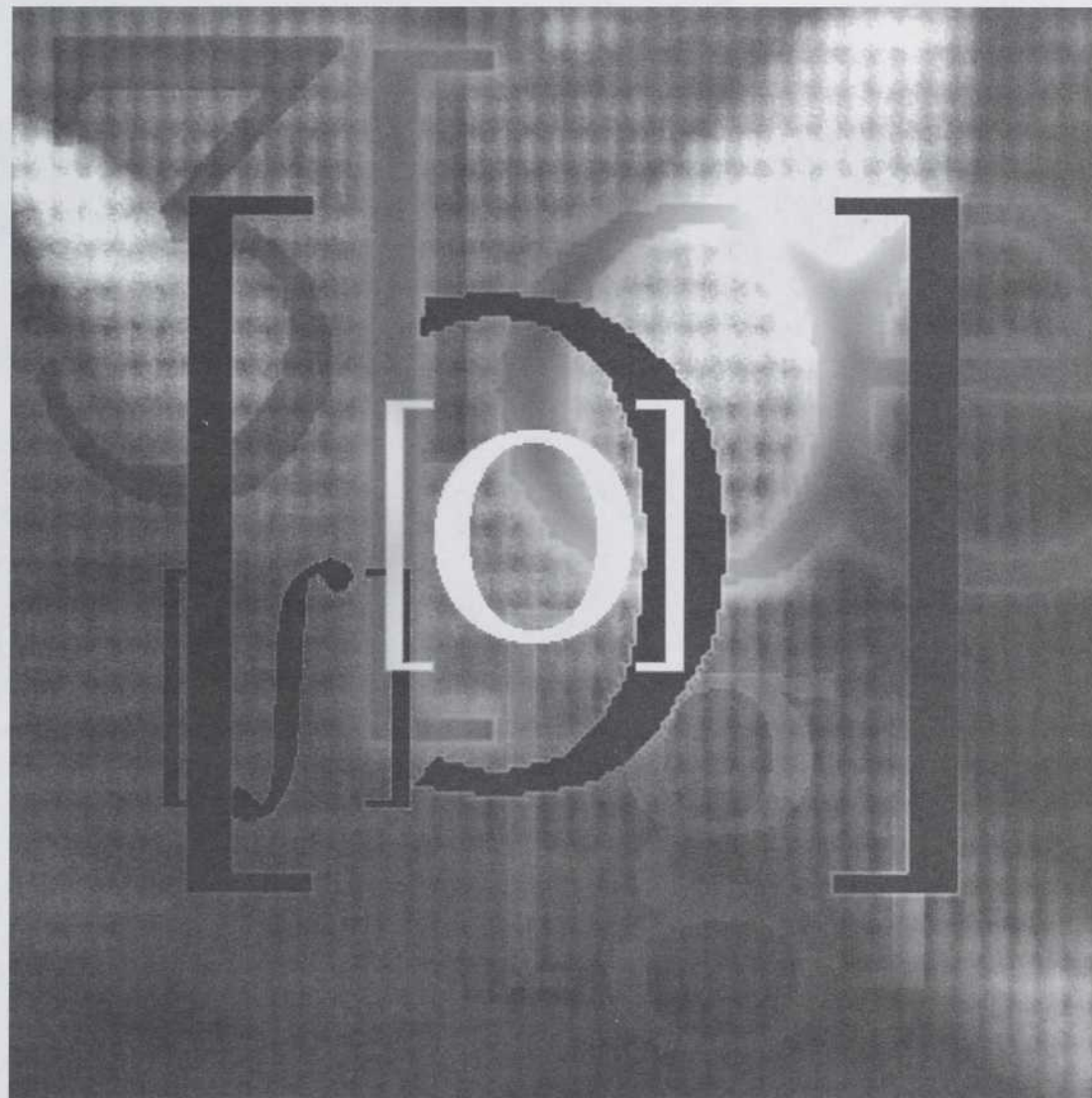
«Les langues sont beaucoup plus systématiques et donc plus prévisibles que ne le présentent les enseignants de façon générale», souligne Carole Paradis. C'est pourquoi il est possible de dire que, si une personne aphasique produit une alternance là où un sujet normal n'en fait pas (disant, par exemple, «*namour*» au lieu de «*amour*»), c'est qu'elle possède une contrainte que le sujet normal n'a pas. Mais puisqu'une langue n'a rien d'aléatoire, l'erreur réalisée par



l'aphasique, contrairement à ce qu'en disaient les psychologues linguistes jusqu'à maintenant, ne peut se traduire par n'importe quoi.

La TCSR stipule que la stratégie à appliquer pour réparer une violation est déterminée par le type de contrainte violée. L'étude de Carole Paradis et de Renée Béland, qui travaillent également au laboratoire Théophile-Alajouanine du Centre hospitalier Côte-des-Neiges à Montréal, confirme cette hypothèse. Ainsi, chez l'aphasique, c'est bel et bien le type de contrainte violée (c'est-à-dire la forme linguistique que cette personne ne tolère plus) qui déterminera la stratégie adoptée pour rendre cette forme compatible avec les capacités linguistiques propres à cette personne. Et c'est justement l'application de cette stratégie de réparation qui entraîne une structure erronée.

Concrètement, voici comment se traduit la réaction de la personne aphasique dans deux contextes différents: lorsqu'elle se trouve confrontée à des mots comportant deux consonnes non dentales dont la prononciation ne demande aucun soulèvement de la lame de la langue (p, b, m, f, v, c<k>, g, ch<j>), c'est-à-dire des consonnes relativement complexes à prononcer, la personne aphasique démontre une forte tendance à remplacer l'une des deux consonnes non dentales par une dentale, soit un type de consonne très simple à prononcer (t, d, n, l, s, z, r). «Augmenter» devient alors «ormanté» [ɔrmãte]. Par ailleurs, lorsqu'elle veut prononcer un mot tel «géant», qui contient deux voyelles consécutives, soit une suite complexe sur le plan syllabique, l'aphasique opte le plus souvent pour l'insertion d'une consonne entre les deux voyelles ou, dans une moindre mesure,



pour l'élision de l'une de ces voyelles. «Géant» devient alors «gétant», par exemple.

L'aphasie évolutive (dont les caractéristiques se distinguent des troubles de langage observables dans les démences de type Alzheimer) suppose, comme son nom l'indique, un développement dans le temps. À la lumière de leur étude de cas, Carole Paradis et Renée Béland décrivent cette progression de la façon suivante: le dérèglement des paramètres phonologiques serait d'abord momentané, puis permanent. Ce qu'on remarque, par ailleurs, c'est qu'avant que ce dérèglement ne détruise toute possibilité de langage oral, il semble entraîner en premier lieu

un rejet des structures les plus complexes que la majorité des langues du monde refusent aussi.

Cette étude pourrait avoir une grande portée dans le domaine de la linguistique. Elle valide une nouvelle théorie, la TCSR, qui prouve que les alternances observées phonétiquement ne sont pas arbitraires. Elle souligne de plus la valeur d'une autre thèse, la grammaire générative. Selon cette dernière, il existe, au-delà des particularités des langues, une grammaire universelle et une faculté du langage innée.

LYNE LAUZON

ILLUSTRATION: LORTI/MOUSSEAU

L'ENVIRONNEMENT EN TÊTE

naturellement



Les herbiers aquatiques de la baie James demeurent toujours l'aire de migration et de nidification privilégiée de la bernache du Canada.

À la Société d'énergie de la Baie James,
le souci de tenir compte des impératifs environnementaux remonte à plus de 20 ans,
bien avant que ce sujet, toujours délicat, ne devienne à la mode.

Notre préoccupation de protéger l'environnement humain, faunique et floral dans le Moyen-Nord québécois remonte à 1971, lorsque la SEBJ fut mandatée pour gérer les travaux d'aménagement des projets hydroélectriques du territoire de la Baie James. Et nous sommes fiers de ce que nous avons accompli depuis.

Résultats : nous avons contribué au développement de l'énergie la plus propre qui soit, qui répond aux besoins énergétiques du Québec et qui fait l'envie de bien des pays.

À la SEBJ, la priorité de protéger l'environnement quel qu'il soit et notre expertise en matière de développement des richesses hydroélectriques du Québec vont de pair.

IL N'Y A RIEN DE PLUS NATUREL.



Société d'énergie de la Baie James



L'AVENIR NOUS TRANSPORTE.

À l'aube du prochain millénaire, les impératifs économiques, sociaux et politiques convergent tous vers un même point : un développement durable et responsable.

Les instances gouvernementales exigent désormais des fabricants automobiles des produits moins lourds et, surtout, moins lourds de conséquences. Léger, durable, recyclable et résistant à la corrosion, l'aluminium peut être utilisé efficacement tant dans la structure que dans les panneaux extérieurs des véhicules.

Deux fois plus léger que l'acier, il permet aussi aux fabricants de construire des automobiles qui consomment moins d'essence et produisent moins d'émissions de gaz d'échappement.

Aujourd'hui, tous les fabricants automobiles reconnaissent les avantages de l'aluminium.

Alcan a d'ailleurs établi trois centres de génie appliqué pour l'industrie de l'automobile en Europe, aux États-Unis et au Japon qui, de pair avec les constructeurs, se sont consacrés aux applications de l'aluminium dans le secteur du transport de même qu'au développement de véhicules entièrement recyclables.

Pour Alcan, cette façon de faire trace la voie du développement durable. C'est aussi le signe manifeste du bon sens en affaires.

ALCAN.
UNE FORCE SENSIBLE.



Asthme:

un second souffle pour la recherche pharmaceutique

LE CENTRE DE RECHERCHE THÉRAPEUTIQUE MERCK FROSST VOUDRAIT METTRE SUR LE MARCHÉ, D'ICI QUELQUES ANNÉES, UNE NOUVELLE GÉNÉRATION DE MÉDI-

CAMENTS CONTRE L'ASTHME. EN EFFET, LES RECHERCHES DES 15 DERNIÈRES

années lui ont permis de développer des composés actifs qui bloqueraient l'effet des leucotriènes, ces molécules dont on sait maintenant qu'elles sont responsables de certains symptômes de l'asthme.

Respiration sifflante, toux sèche, essoufflement et rétraction des muscles du thorax, les symptômes de l'asthme sont inquiétants. Cette affection est causée par l'hypersensibilité des voies respiratoires à un ou à plusieurs allergènes que l'on trouve dans la poussière des maisons, les poils des chats ou des chiens, le pollen, certains aliments, les virus du rhume ou de la grippe, la fumée de cigarette, etc.

Lorsqu'une personne asthmatique entre en contact avec une forte dose d'un allergène, se met en branle un processus de défense qui provoque l'obstruction des voies respiratoires. Deux phénomènes interviennent alors simultanément. Les voies respiratoires rétrécissent par le resserrement des muscles autour des bronches et des bronchioles, tandis

que l'inflammation de la muqueuse interne des bronches et la surproduction de mucus épais rendent difficile la respiration. En contact avec un allergène, une variété de cellules inflammatoires entrent dans les poumons, et libèrent un acide particulier, l'acide arachidonique, présent dans la membrane cellulaire. L'oxydation de cet acide, par l'enzyme 5-lipoxygénase, produit alors une famille complexe de molécules: les leucotriènes.

On croit aujourd'hui que les leucotriènes sont responsables des deux principaux symptômes de l'asthme: la contraction musculaire des voies respiratoires et l'inflammation des bronches. Agissant sur plusieurs plans, les leucotriènes joueraient un rôle précis dans la contraction des muscles mous des bronches, dans la production de mucus ainsi que dans l'activation des leucocytes (globules blancs) et des cellules inflammatoires.

Déjà en 1960, Walter E. Brocklehurst avait établi le lien entre les leucotriènes et l'asthme, décrivant le processus par lequel des substances étaient produites par les poumons en présence d'allergènes. À la fin des années 1970, le

Centre de recherche thérapeutique Merck Frosst à Montréal, sous la direction de Joshua Rokach, s'est lancé sur la piste des leucotriènes. « On a réussi à synthétiser les leucotriènes en même temps qu'Elias J. Corey, un Prix Nobel, de l'Université Harvard; notre publication est parue deux semaines plus tard », raconte le Dr Robert Young, directeur administratif du Département de chimie médicinale chez Merck Frosst.

Deux voies s'offraient aux chercheurs; elles ont conduit à deux nouveaux types de médicaments pour l'asthme qui font présentement l'objet d'essais cliniques.

La première solution consistait à empêcher la production de ces leucotriènes. Il s'agissait de développer une molécule capable d'inhiber la synthèse des leucotriènes en bloquant l'enzyme clé, la 5-lipoxygénase. Cet inhibiteur d'enzyme porte le nom de MK 0591 en attendant d'être baptisé pour le commerce. Mais puisque l'on connaît encore mal le rôle physiologique des leucotriènes (on soupçonne qu'ils aideraient le corps à se débarrasser des parasites), les chercheurs doivent être prudents et envisager plusieurs solutions. C'est ainsi qu'ils ont développé un autre type de thérapie qui consiste à créer une molécule, la MK 0476, capable de bloquer le récepteur des leucotriènes. « Chez une personne asthmatique, la présence d'un allergène active la synthèse des leucotriènes. Une fois libérées, ces molécules vont tenter d'agir sur les cellules musculaires par l'intermédiaire d'une protéine située sur leur surface et qui sert de récepteur », explique le Dr Young. Ce récepteur reconnaît les molécules de leucotriènes et provoque la contraction des muscles. Ce nouveau type de médicament de Merck Frosst bloquerait l'action de ce récepteur et aurait l'avantage de pouvoir être administré par voie orale.

Il existe actuellement sur le marché



quatre classes de médicaments pour l'asthme : les bêta-adrénergiques et les médicaments à base de théophylline, qui ouvrent les bronches; les cromoglycates et les corticostéroïdes, qui réduisent l'inflammation des bronches. Bien qu'efficaces, ces médicaments ont tous des effets secondaires très importants : augmentation du rythme cardiaque, vomissements, maux de tête, etc. Merck Frosst espère mettre sur le marché des médicaments dont les effets secondaires seraient minimes. Les tests cliniques ont permis de démontrer le rôle des leucotriènes dans les réactions asthmatiques induites par un allergène. Ces nouvelles thérapies auraient un rôle préventif : en inhibant les réactions allergiques, elles pourraient contrecarrer l'hypersensibilité des bronches, prévenir les crises et l'inflammation. Et cela, avec un minimum d'effets secondaires. Car plus la cible est précise et ne touche qu'à la synthèse des leucotriènes, moins elle aura d'effets sur l'ensemble de l'organisme.

L'asthme est une maladie plus répandue chez les enfants; environ 10 p. cent des enfants sont asthmatiques à divers degrés contre 5 à 7 p. cent d'adultes. Au Québec, environ 350 000 personnes souffrent d'asthme. Pour une raison que les scientifiques n'ont pas encore trouvée, on assiste à une augmentation des cas d'asthme depuis les 10 dernières années.

De fait, on a constaté une augmentation importante des décès dus à l'asthme; en 10 ans, on est passé de 75 à 125 décès par année au Québec. Les médicaments actuellement sur le marché font donc l'objet d'études épidémiologiques sérieuses. Une première étude effectuée en Nouvelle-Zélande avait établi, en 1989, un lien entre l'utilisation d'un bêta-adrénergique, le phénatolol, et les risques de mortalité due à l'asthme. Une étude publiée dans le *New England Journal of Medicine* de février 1992 par des chercheurs de McGill, Walter Spitzer, Samy Suissa et Pierre Ernst, a démontré que lorsque les asthmatiques utilisaient plus d'une pompe par mois d'un des bêta-adrénergiques mis en marché, le risque de mortalité augmentait dramatique-

ment, doublant à chaque pompe supplémentaire de 200 inhalations.

Les bêta-adrénergiques sont des broncho-dilatateurs, des médicaments essentiels et extrêmement efficaces qui ouvrent les voies respiratoires durant les crises d'asthme. «Évidemment, les

Merck Frosst a investi depuis le début de cette aventure plus de 100 millions de dollars dans la recherche fondamentale. La compagnie vient, de plus, d'agrandir ses laboratoires pour un coût de plus de 70 millions de dollars (un investissement encouragé par la nouvelle loi sur



bronches sont alors plus exposées à la substance allergène qui est à l'origine de la crise», explique le Dr Young. Le recours très fréquent à la pompe masque les pires symptômes de l'asthme tandis que l'inflammation des bronches n'est pas traitée. Les personnes souffrant d'asthme modéré ou chronique doivent donc suivre un traitement quotidien aux corticostéroïdes afin de prévenir l'inflammation des bronches. Une récente étude de l'équipe de McGill, publiée dans le *Journal of the American Medical Association* en décembre dernier, a d'ailleurs démontré un risque de mortalité moins élevé chez les asthmatiques suivant un tel traitement. Mais ces médicaments ont leurs revers : les corticostéroïdes (qui n'ont rien à voir avec les stéroïdes anabolisants des athlètes) ont d'importants effets secondaires, dont des réactions immunodépressives et un ralentissement de la croissance des os. Des facteurs d'une importance capitale pour un enfant! Et voilà pour la nécessité de poursuivre les recherches.

Plus d'une centaine de chercheurs du Centre de recherche thérapeutique à Montréal et de nombreux chercheurs universitaires d'ici et d'ailleurs ont collaboré au projet. Si les tests cliniques sont concluants, la compagnie entreprendra la phase de développement, qui toujours est, de loin, la plus coûteuse. Il faudra, par la suite, que les produits reçoivent l'approbation de Santé et Bien-être social Canada, ce qui pourrait bien prendre encore plus de cinq ans.

En plus de donner quelques espoirs aux asthmatiques, on se sert déjà de ces nouveaux médicaments pour comprendre le rôle des leucotriènes dans les maladies apparentées : les rhinites et les conjonctivites provoquées par les allergies les plus courantes et les maladies inflammatoires (psoriasis, inflammation de l'intestin, arthrite rhumatoïde). Des pistes qui pourraient faire la richesse des uns et le bonheur des autres.

CLAIRE CHABOT

ILLUSTRATION : LORTI/MOUSSEAU



TRANSFERTS

PAR LAURENT FONTAINE

Les plasmas thermiques de Sherbrooke

...

Les plasmas thermiques sont des gaz extrêmement chauds qui peuvent atteindre des températures phénoménales. Pour les générer, on envoie une charge électrique à un gaz froid, transformant ainsi les atomes en ions. Les plasmas thermiques sont donc des gaz partiellement ionisés et, par le fait même, conducteurs d'électricité. Cette électricité chauffe le gaz, qui dégage alors une chaleur pouvant atteindre 15 000 °C. La chaleur ainsi obtenue n'a rien à voir avec les procédés traditionnels de combustion, où l'on brûle le gaz.

La technologie des plasmas permet d'offrir un meilleur contrôle de la chimie des matériaux. Le pouvoir énergétique des plasmas est énorme, mais toute la difficulté est de pouvoir l'utiliser. Au Département de génie chimique de l'Université de Sherbrooke, le professeur Maher Boulos s'y intéresse depuis 1973. Il dirige le Centre de recherche en technologie des plasmas, auquel collabore aussi l'Université McGill et qui se classe parmi les trois chefs de file mondiaux dans ce domaine. Son équipe s'intéresse plus particulièrement à la synthèse chimique, à la métallurgie extractive, à la destruction des déchets toxiques et à l'élaboration des matériaux de haute performance, comme la céramique et les composites.

Les recherches du Centre ont permis de réaliser récemment deux transferts technologiques différents. D'une part, l'équipe de Maher Boulos a mis au point un nouveau procédé de traitement de surface de granit par plasma. Le pro-

céde plasma-granit permet de traiter des tuiles et des dalles deux fois plus minces que celles traitées avec les procédés traditionnels au gaz naturel. Il n'altère ni les couleurs, ni les propriétés physiques du granit, améliore ses caractéristiques esthétiques sans provoquer de fissures, et il permet enfin d'obtenir une surface antidérapante plutôt qu'une surface polie. La société Plasma contrôle inc. a été créée pour exploiter ce procédé et le commercialiser dans le monde.

D'autre part, une autre entreprise sherbrookoise, Tekna plasma inc., va assurer la fabrication de chalumeaux aux plasmas pour ensuite les commercialiser aussi partout. Les chalumeaux aux plasmas permettent deux types

d'applications: l'une réside dans le fait de diriger la flamme du chalumeau directement sur un matériau selon le traitement nécessaire; l'autre consiste à envoyer dans la flamme un matériau sous forme de poudre, qui se transforme en gouttelettes pour ensuite se déposer et se solidifier, exempt de toutes impuretés.

L'entreprise vient de conclure une entente importante avec la firme japonaise NKC, spécialisée en électrotechnologie. Les Japonais vont lier une de leurs unités d'alimentation énergétique à la technologie sherbrookoise pour former un système d'exploitation aux plasmas qui sera offert sur les marchés japonais, chinois et coréen.

Un logiciel pour éviter la poix

...

La poix, une matière visqueuse à base de résine et de goudron de bois, est une véritable... poisse pour les moulins à pâte à papier kraft (une sorte de pâte). Paprican, en association avec le CRIM (Centre de recherche informatique de Montréal), a mis au point un système expert informatisé, Pitch Expert, pour contrôler les dépôts de poix dans les machineries. Ce système permet de mesurer la présence des différents agents

chimiques et d'avertir le personnel qu'il est temps de nettoyer les appareillages pour éviter que la poix ne les bloque. La mise au point de ce nouveau système revêt une grande importance pour une industrie qui doit faire face à de nouvelles exigences de productivité: il permet d'économiser des millions de dollars. L'intérêt est évident. Le logiciel a déjà été acquis par 25 entreprises différentes à travers le pays.

pour l'excellence
en formation
scientifique



UNIVERSITÉ D'OTTAWA
UNIVERSITY OF OTTAWA

Service de l'admission, 550 Cumberland, Ottawa (Ontario) K1N 6N5 (613) 564-3928

L'Université Concordia, un Centre d'excellence en recherche

Centres de recherche

Centre de recherche en histoire
Centre d'études en radio-télévision
Centre d'études sur le bâtiment (CEB)
Laboratoire des structures et matériaux composites
Centre d'études en régulation industrielle
Centre de recherche en développement humain
Centre de recherche des matériaux inorganiques
Centre d'études sur les petites entreprises et l'entrepreneuriat
Centre d'études en neurobiologie comportementale (CENC)
Centre interuniversitaire en calcul mathématique algébriques
Centre de recherche sur la conception de véhicules assistés par ordinateur (CONCAVE)
Centre d'études en reconnaissance des formes et de l'intelligence artificielle (CENERFIA)
Centre de recherche en traitement des signaux et en communication (CENSIPCOM)
Centre d'études en gestion des transports de Concordia
Centre de photolyse éclair au laser

Centres de recherche interuniversitaire

Centre interuniversitaire d'étude des religions (avec l'UQAM)

Groupe de recherche interuniversitaire en architecture
des ordinateurs de haute performance et VLSI

Centre de recherche en calcul appliqué (CERCA)

Centres de recherche affiliés

Centre de recherche informatique de Montréal (CRIM)

Société d'informatique et de recherche pour
l'industrie de la construction (SIRICON)

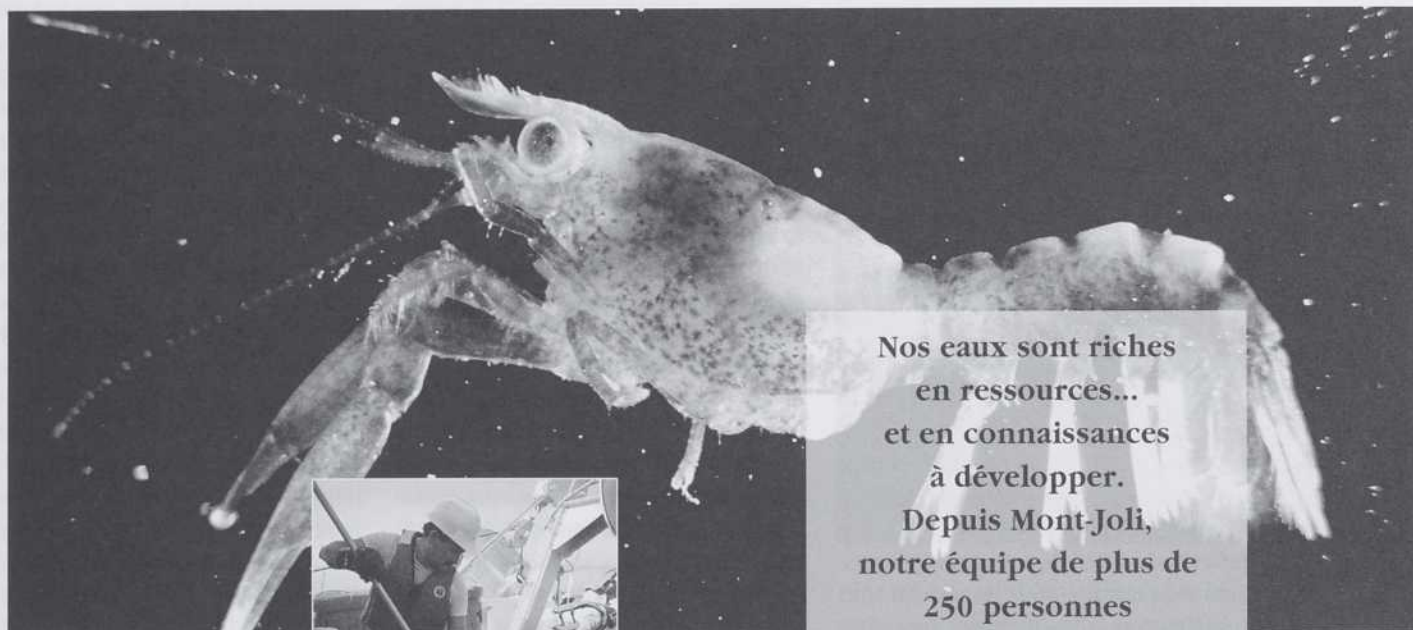


UNIVERSITÉ
Concordia

ON VOUS PRÉPARE POUR LE MONDE



MIEUX CONNAÎTRE LA MER



Nos eaux sont riches
en ressources...
et en connaissances
à développer.
Depuis Mont-Joli,
notre équipe de plus de
250 personnes
poursuit des recherches
de pointe sur l'état
et la mise en valeur
des eaux de l'estuaire,
du golfe du Saint-Laurent
et celles bordant
le Québec nordique.
Nous jouons ainsi un rôle
primordial dans la
gestion et la protection
de nos ressources marines.

**INSTITUT
MAURICE-LAMONTAGNE
CENTRE DE RECHERCHE
EN SCIENCES DE LA MER**

850, route de la Mer
C.P. 1000, Mont-Joli
(Québec) G5H 3Z4

Téléphone:
(418) 775-0500

Télécopieur:
(418) 775-0542



Pêches Fisheries
et Océans and Oceans

Canada



SCIENCE MONDE

Assèchement de boues industrielles EN MALAISIE

PAR DANIELLE OUELLET

A vol d'oiseau, les paysages de deux importantes vallées de la côte ouest de la péninsule malaysienne, Sungei Kelang et Sungei Kinta, offrent un spectacle étonnant. Des centaines de lacs disséminés sur le territoire reflètent le soleil des tropiques comme autant de miroirs. Mais les miroirs sont trompeurs et camouflent une dure réalité. Depuis une cinquantaine d'années, l'exploitation des mines d'étain à ciel ouvert a fini par trouser le sol comme un fromage, au point de mettre en péril une population qui croît plus rapidement que les solutions au problème.

Une fois vidées et abandonnées, les mines sont rapidement remplies par les pluies tropicales et donnent l'illusion d'un agréable point d'eau. Robert Young, originaire de Singapour, à l'extrémité sud de la Malaisie, est aujourd'hui chercheur au Geological Research Center de l'Université McGill. Enfant, il se rappelle s'être baigné dans ces marais: «D'autres enfants le font encore aujourd'hui, malgré les interdictions, et les risques pour la santé ne sont qu'un des inconvénients.»

Au cours des quatre dernières années, Robert Young a mené un projet de recherche visant à développer une technique d'assèchement économique et efficace de ce qu'il considère comme de véritables désastres environnementaux. Il n'en est pas à ses premières armes dans le domaine minier, loin de là. Il a déjà travaillé, notamment, à résoudre des problèmes similaires en Alberta

avec le pétrole et en Floride avec les phosphates: «Lorsque vous survolez les terres à l'ouest d'Orlando ou de Disneyland, le paysage est tout à fait semblable à celui de la Malaisie.» Car si deux régions sont plus particulièrement touchées, c'est aussi tout le territoire malaysien qui est aux prises avec ce problème. On estime la surface affectée en Malaisie à au moins 14 000 km².



De superficie variable, les marais atteignent une profondeur variant de six à quarante mètres, incluant un fond argileux mélangé à du sable d'une épaisseur de cinq à vingt-cinq mètres. La capitale fédérale de la Malaisie, Kuala Lumpur, située dans l'une des régions les plus atteintes, compte à elle seule au moins cinq kilomètres carrés de ces trous remplis d'eau, tandis qu'un autre cinquante kilomètres carrés immédiatement à proximité est lui aussi dévasté.

Environ 100 000 personnes dans cette seule région sont directement touchées et les conséquences sont dramatiques.

L'impact environnemental est énorme: les sols ne peuvent pas se sédimenter complètement sous la seule influence gravitationnelle. Pour y arriver, il faudrait compter quelques centaines d'années. Impossible d'attendre si longtemps, ni même quelques années, car le développement urbain, lui, n'attend pas et ces territoires inondés sont inhabitables. Certains marais sont même utilisés comme dépotoirs sans avoir été vidés au préalable. Les dangers pour la santé, autant celle des humains que celle des animaux, vont en augmentant: «Le problème minier est l'un des plus importants problèmes environnementaux au monde, dit Robert Young. On se retrouve avec des solides en suspension qui sont là pour toujours. C'est

inacceptable. Il faut trouver des solutions.»

En Malaisie, on tente d'assécher les marais pour construire des habitations à loyer modique à proximité. Mais les techniques utilisées actuellement sont rudimentaires et font finalement plus de mal que de bien. L'eau est pompée sans discernement et, comme une loi interdit de la rejeter dans les rivières avant qu'elle ne soit décontaminée, elle se retrouve souvent dans des marais avoi-



CETTE CHRONIQUE
EST RENDUE
POSSIBLE GRÂCE À
LA COLLABORATION
DU CENTRE DE
RECHERCHE POUR LE
DÉVELOPPEMENT
INTERNATIONAL
(CRDI)



sinants, ce qui ne fait que déplacer et amplifier le problème.

L'inconvénient principal reste cet assèchement non contrôlé qui provoque le craquement des maisons, et parfois même leur effondrement ainsi que celui du réseau routier. Les gens pauvres sont les plus touchés car la loi réserve de 40 à 60 p. cent des terres situées près des mines désaffectées aux habitations à loyer modique. En réalité, le problème du logement est tellement criant qu'on utilise actuellement plus de 90 p. cent du territoire, exerçant ainsi une pression supplémentaire sur le sol. Une conséquence : 250 000 personnes en Malaisie vivent dans des résidences sujettes à tout moment à de sévères failles de leur structure, risquant aussi d'être emportées au fond des trous. Leur nombre croît à une vitesse folle.

Il y a quatre ans, le professeur Robert Young décidait de s'attaquer au problème. Les étapes de son projet : caractériser les contenus des marais ainsi que les zones résidentielles exposées, comprendre le processus de sédimentation des résidus, développer une technique efficace et économique d'assèchement de ces boues industrielles et assurer le transfert de la technologie vers les utilisatrices et utilisateurs.

Aujourd'hui, le projet est complété et le gouvernement devra décider sous peu des meilleures dispositions à prendre. En s'appuyant sur une expérience du genre qu'il a lui-même menée à Singapour, le professeur Young a finalement proposé quatre méthodes d'assèchement, le but final étant de remplir les trous de manière à pouvoir construire sans danger. Il faut tout d'abord séparer le liquide du solide. Selon les méthodes, on préconise soit une séparation chimique, soit une séparation mécanique, ou encore, une combinaison des deux. On installe alors dans le trou une membrane, placée à la verticale ou à l'horizontale selon la technique retenue, qui retient l'eau purifiée avant le pompage. Il faut ensuite s'assurer de compacter la nouvelle terre suffisamment. La tech-

nique la plus rapide permet de réaliser toute l'opération en trois mois. Elle est aussi la plus coûteuse : l'opération chimique de séparation est plus complexe tandis qu'il faut déployer toute une série de moyens mécaniques de compactage de la terre. À l'opposé, on peut remplir le trou et attendre un ou deux ans jusqu'à ce que la terre soit assez compressée pour qu'on puisse construire.

La décision est maintenant entre les mains du gouvernement, ou plutôt entre celles des promoteurs auxquels le gouvernement confie le développement de sections du territoire. L'enjeu majeur reste toujours le coût : « Les quatre techniques varient en terme de temps, explique le professeur Young. Il faut du temps aux matériaux pour se compresser. Si l'on veut aller plus vite, il faut le faire mécaniquement et on dépense beaucoup d'argent. »

Certains promoteurs ont tenté de contourner le problème en construisant des maisons sur pilotis, mais les coûts sont là aussi beaucoup trop élevés. Devant la poussée démographique, le gouvernement encourage les constructions à bas prix : « Les promoteurs devront prendre des décisions sous peu, explique Robert Young, et ils savent que s'ils ne le font pas en respectant les budgets, le territoire sera attribué à d'autres. Mais cela, c'est de la politique, conclut-il, ce n'est plus du ressort des chercheurs. »

Les recherches de Robert Young auront cependant eu un impact à un autre niveau, insoupçonné au départ. Dès le début, il a tenu à s'adjoindre des compétences locales. C'est ainsi que des chercheurs du Département de géologie de l'Université de Malaya, spécialistes en génie géologique, géophysique et en hydrographie, ont participé au projet. D'autres, de la Faculté de génie civil de l'Université technologique de Malaisie, ont apporté un savoir-faire en génie géotechnique et en arpentage. La Société géologique de Malaisie, un organisme gouvernemental, a aussi participé en fournissant du personnel technique,

des équipements, des géologues et des ingénieurs en géologie.

Tous les deux ou trois mois, le professeur Young se rendait sur place coordonner l'avancement des travaux entre des gens qui n'avaient pas l'habi-



PHOTOS: ROBERT YOUNG

tude de travailler ensemble : « Il faut comprendre, explique-t-il, que la Malaisie est aux prises avec des problèmes culturels très semblables à ceux du Québec : deux groupes linguistiques, chinois et malais, se côtoient. » Tout comme la tradition de collaboration entre universités francophones et anglophones au Québec reste encore à établir, Chinois et Malais sont aux prises avec les barrières culturelles. Il était donc très nouveau pour la plupart des membres de l'équipe de recherche de se retrouver autour d'un même projet : « En quatre ans, ils ont appris à travailler ensemble et ils ont même développé d'autres projets communs. On m'a dit que c'était une première », lance Robert Young, avec fierté.

En attendant les décisions du gouvernement et des promoteurs, Robert Young a déjà d'autres idées en tête pour la région. « Je souhaite étudier plus en profondeur l'impact de ces mines désaffectées sur la santé de la population. Il faudrait aussi s'assurer de la sécurité des solutions déjà proposées. Il ne faudrait surtout pas résoudre les problèmes actuels en en créant d'autres pour la santé. »



SCIENCE-INTER

LES PRIX DE L'ACFAS : PALMARÈS 1993

**PRIX
ANDRÉ-LAURENDEAU**
Sciences humaines



Paul-André Linteau
Codirecteur, Groupe de recherche
sur l'histoire de Montréal
Université du Québec à Montréal

PRIX J.-ARMAND-BOMBARDIER
Innovation technologique



Pierre-Claude Aitcin
Directeur, Réseau des centres
d'excellence sur les bétons à haute
performance
Université de Sherbrooke

PRIX JACQUES-ROUSSEAU
Interdisciplinarité



Karen Messing
Directrice, Centre d'étude des interac-
tions biologiques entre la santé et
l'environnement (CINBIOSE)
Université du Québec à Montréal

PRIX LÉO-PARISEAU
*Sciences biologiques
et sciences de la santé*



Albert J. Aguayo
Directeur, Centre de la recherche
en neurosciences
Université McGill

PRIX MARCEL-VINCENT
Sciences sociales



Jean-Denis Gendron
Professeur titulaire, Département de
langues et linguistique
Université Laval

PRIX MICHEL-JURDANT
Sciences de l'environnement



Pierre Béland
Directeur scientifique, Institut natio-
nal d'écotoxicologie du Saint-Laurent

PRIX URGEL-ARCHAMBAULT
*Sciences physiques,
mathématiques et génie*



Raymond Bartnikas
Maître de recherche, Institut de
recherche d'Hydro-Québec (IREQ)

**PRIX DESJARDINS
D'EXCELLENCE**
étudiants-chercheurs



Nicolas Cermakian
Maîtrise en biochimie
Université de Montréal



Danielle Méthot
Maîtrise en biochimie
Université de Montréal



Christophe Horguelin
Maîtrise en histoire
Université de Montréal



François Vigneau
Maîtrise en psychologie
Université Laval

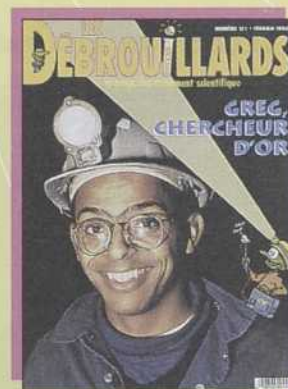
MAI - JUIN

INTEFACE
MCMXXIII

Le magazine de
l'informatique et de
la technologie au
service des
utilisateurs et des
décideurs québécois.
Un an, 11 nos,
31,57\$.



Toute l'actualité en sciences et en technologie.
Fiable et passionnant depuis 30 ans!
Un an, 10 nos, 34,67\$.



Reportages
illustrés, B.D.,
expériences, jeux.
Drôlement
scientifique!
Pour les 7 - 14 ans.
Un an, 10 nos,
26\$.

EN PAYS DE CONNAISSANCES

avec les magazines québécois de vulgarisation scientifique



Quatre-Temps touche la botanique,
l'horticulture, les sciences de la
nature et de l'environnement.
Un an, 4 nos, 28\$.



La forêt Intéresse, préoccupe,
fascine... Forêt Conservation
montre, questionne, répond.
Un an, 10 nos, 27,73\$.



Découvrez la nature et
l'environnement... en beauté!
Un an, 6 nos, 23,11\$.



Pour tout connaître sur nos
oiseaux. Un an, 4 nos, 16\$.



Astronomie-Québec, le magazine
qui vous amène d'une étoile à
l'autre. Un an, 6 nos, 32\$.



Pour découvrir la recherche et l'actualité scientifiques.
Un an, 5 nos plus le bottin de la recherche, 40,06\$
(étudiants : 20,03\$)



Spectre, pour l'avancement de
l'enseignement des sciences au
Québec. Un an, 6 nos, 26,70\$.

**Veuillez m'abonner au(x)
magazine(s) suivant(s) :**

- Astronomie-Québec..... ☐
Les Débrouillards..... ☐
Forêt Conservation..... ☐
Franc-Vert..... ☐
Info-Tech..... ☐
Interface..... ☐
Quatre-Temps..... ☐
Québec Oiseaux..... ☐
Québec Science..... ☐
Spectre..... ☐

Nom _____ Prénom _____

Adresse _____ App. _____

Ville _____ Province _____

Code postal _____ Tél. : _____

Faites votre chèque à l'ordre de l'Agence Science-Pressé et postez-le à :
Agence Science-Pressé, 3995, Sainte-Catherine Est, Montréal, Québec H1W 2G7

Toutes taxes incluses. Prix en vigueur jusqu'au 31 décembre 1993.

LA SÉLECTION KILLAM 1993



André Roch Lecours, mondialement connu pour ses travaux sur l'aphasie (voir *INTERFACE*, vol. 11, n° 4, 1990) vient de recevoir l'un des trois **prix commémoratifs Izaak-Walton-Killam 1993**, pour le secteur des sciences de la santé. Ce chercheur dirige le Centre de recherche du Centre hospitalier Côte-des-Neiges depuis 1982 en plus d'être titulaire de la Chaire en gériatrie et gériatrie à la Faculté de médecine de l'Université de Montréal. Les deux autres lauréats sont : **Alan B. Davenport** de l'Université de Western Ontario (génie) et **Peter Hachachka** de l'Université de la Colombie-Britannique (sciences naturelles). Par ailleurs, de nouvelles bourses d'études Killam ont été attribuées à 14 chercheuses et chercheurs, dont :

Marc Leblanc, Université de Montréal, criminologie, «L'activité délictueuse et les troubles de comportement, développement et causes»

Claude Leroy, Université de Montréal, physique moléculaire, «Étude du modèle standard et des brisures de la symétrie électrofaible au LHL»

Patrick J. Mahony, Université de Montréal, études anglaises, «Freud's Case Histories of His Female Patients, A Psychoanalytic, Textual and Historical Critique»

Élaine B.S. Newman, Université Concordia, biologie, «Why Does *E. Coli* Dominate *L-serine*?»

Bruno Roy, Université de Montréal, littérature française, «La Farce du Maître Patelin à la cour de René d'Anjou»

Vaira Vikis-Freibergs, Université de Montréal, littérature, «La logique de la poésie, analyse structurale des dāinas lettones, chansons lyriques d'une tradition orale»

Les bourses Killam de 15 autres scientifiques ont également été renouvelées.

AUTRES PRIX, AUTRES HONNEURS

C'est au sociologue et philosophe **Fernand Dumont** que le Conseil des arts du Canada vient de remettre le **prix Molson 1992 en sciences humaines**. Professeur titulaire au Département de sociologie de l'Université Laval, Fernand Dumont a présidé et dirigé l'Institut québécois de recherche sur la culture (IQRC) jusqu'en 1990.

Toujours à l'Université Laval, **Hélène Poissant**, professeure au Département de psychopédagogie, vient de recevoir une **bourse de la Fondation Fulbright**, une fondation américaine qui octroie des bourses à des universitaires pour effectuer de la recherche et de l'enseignement dans une université américaine, bien sûr. Hélène Poissant fera donc un séjour de neuf mois à l'Institute for Literacy Studies de la City University of New York (CUNY). Six autres personnes d'autres provinces canadiennes ont également reçu une bourse.

Finalement, la **bourse Robert A. Blais** de l'Association des directeurs de recherche industrielle du Québec (ADRIQ) a été octroyée à **Simon Bureau**, étudiant à la maîtrise, option gestion internationale, de l'École des hautes études commerciales (HEC). Offerte par Systèmes M&I, cette bourse a permis à M. Bureau de s'envoler pour Séoul afin d'y étudier les «joint ventures» internationaux dans l'industrie sud-coréenne des télécommunications.

MONTREAL, VILLE SCIENTIFIQUE?

L'heure du grand bilan a sonné

Propulser la région montréalaise parmi les plus importantes agglomérations technologiques et scientifiques en Amérique du Nord : voilà l'objectif du Comité du bilan de l'activité scientifique et technologique de la région de Montréal. Ce comité était mandaté par le Conseil de la science et de la technologie et coordonné par le Centre d'initiative technologique de Montréal (CITEC).

Il a déposé son bilan le 29 mars dernier, bilan dont nous vous soumettons déjà quelques éléments en mai dernier (voir *INTERFACE*, vol. 13, n° 3, 1992).

Montréal est déjà une ville scientifique et technologique. Le Comité du bilan propose donc une série d'actions et de mesures, suivant six grands axes, pour renforcer ce statut. Parmi celles-ci, la nécessité de faciliter la création de nouvelles entreprises, de s'assurer d'une relève scientifique et d'encourager la recherche, tant fondamentale qu'appliquée.

Ce bilan met en évidence, par ailleurs, les forces et les faiblesses de la région dans 17 secteurs d'activités répartis en trois groupes : marchés compétitifs, marchés établis et marchés en émergence.

Si la région compte des points forts en télécommunications, en aéronautique et dans l'industrie pharmaceutique, particulièrement pour ce qui est des efforts de R-D, elle présente quelques faiblesses dans les secteurs de l'électronique et de l'informatique, si l'on excepte l'industrie des services informatiques, très active à Montréal.

Les principales forces de Montréal dans les marchés établis demeurent l'énergie, tributaire en bonne partie de l'activité engendrée par Hydro-Québec, et le génie-conseil, qui reste un fleuron de l'expertise québécoise à l'étranger. Par contre, l'industrie des appareils électriques, de l'imprimerie, du vêtement, du bio-alimentaire et des services financiers est très peu active en R-D et ces filières entretiennent peu de relations avec les universités à ce chapitre.

En ce qui concerne les marchés en émergence, le secteur des biotechnologies est en bonne position et possède les atouts nécessaires pour réaliser ses promesses. On ne peut en dire autant d'un autre secteur en émergence, celui des technologies médicales, où l'activité montréalaise est faible. Quant au secteur du génie logiciel, il demeure en retrait des innovations de l'étranger et il s'affirme davantage comme partie intégrante de l'industrie des services informatiques, vigoureuse au Québec.



EN AVANT TOUTE POUR STOPER

...

L'Université de Sherbrooke vient de recevoir une subvention de 1,5 million de dollars pour réaliser le projet STOPER (Stratégie d'optimisation d'écosystèmes régionaux), un projet de recherche qui vise à développer un modèle universel de gestion des déchets et résidus, capable de tenir compte non seulement de l'écologie, de la santé et de la culture, mais aussi des aspects politiques, technologiques et économiques de cette question. STOPER est l'un des six projets — le seul au Québec — retenus dans le cadre du programme Éco-recherche du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) et du Conseil de recherches médicales du Canada (CRM). Ce programme fait partie du Plan vert.

STOPER comprend huit sous-projets menés conjointement par les facultés des lettres et sciences humaines, d'éducation, de médecine, des sciences et des sciences appliquées. Le projet sera échelonné sur une période de quatre ans.

CRÉATION D'UN CENTRE DE RECHERCHE EN PROMOTION DE LA SANTÉ

...

Le Groupe de recherche interdisciplinaire en santé (GRIS) de l'Université de Montréal et l'Unité de santé publique de l'Hôpital général de Montréal, affilié à l'Université McGill, forment désormais le nouveau Centre de recherche en promotion de la santé. Cinq autres centres ont été créés simultanément ailleurs au Canada, dans le cadre d'une initiative du Conseil de recherche en sciences humaines du Canada et du Programme national de R-D de Santé et Bien-être social Canada. Chaque centre a obtenu un montant de 500 000 \$, réparti sur une période de cinq ans.

Les activités du centre montréalais seront concentrées dans quatre domaines : la recherche, le partenariat, la formation et la diffusion des résultats.

NOUVEAUX PROGRAMMES DE 2^e ET DE 3^e CYCLES À L'AFÉICHE

...

L'Institut national de la recherche scientifique (INRS) et l'Université Laval viennent de lancer leurs nouveaux programmes conjoints de maîtrise et de doctorat en sciences de la Terre. Concrètement, cette entente permet aux élèves d'avoir accès aux cours, aux laboratoires et aux services des deux établissements, tout en profitant de l'expertise variée offerte par les professeurs et professeures de l'INRS-Géoressources et par ceux et celles du Département de géologie de la Faculté des sciences et de génie de l'Université Laval.

Pour sa part, l'Université du Québec à Montréal (UQAM) a, en avril dernier, donné son aval au projet de doctorat en études et pratiques des arts, ce qui constitue une première au Canada. Il n'existe en effet aucun programme pluridisciplinaire qui soit à la fois orienté vers la théorie et la pratique des arts.

Finalement, l'Université de Sherbrooke a ouvert ce printemps, à son centre de services de Longueuil, un programme de 2^e cycle en gestion de l'environnement.



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

PROGRAMME DE PROFESSEURES-BOURSIÈRES 1993-1994

Les candidates doivent être citoyennes canadiennes ou résidentes permanentes du Canada. Elles doivent détenir un doctorat en sciences ou en génie. La préférence est accordée aux candidates qui ont acquis au plus cinq années d'expérience après l'obtention de leur doctorat.

Les professeures-boursières doivent être des employées de l'université et doivent se consacrer à la recherche. Elles peuvent être nommées à un poste permanent ou conduisant à la permanence au cours de la durée de la bourse. La bourse est d'une durée maximale de 5 ans.

Le salaire est déterminé par l'université et devrait être équivalent à celui que toucherait un professeur adjoint. Les professeures-boursières reçoivent une subvention de recherche de 15 000 \$ par année. Les candidates peuvent demander des fonds additionnels.

Les candidatures doivent être transmises au CRSNG par l'université. Les personnes intéressées à être mises en candidature doivent communiquer avec l'université ou les universités de leur choix et entamer des négociations.

Date limite : le 15 octobre 1993.

Pour plus de renseignements communiquer avec :

Le Programme de professeures-boursières, CRSNG
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) K1A 1H5
Tél. : (613) 996-2009

Canada

LE SANG

LES RISQUES LES ENJEUX

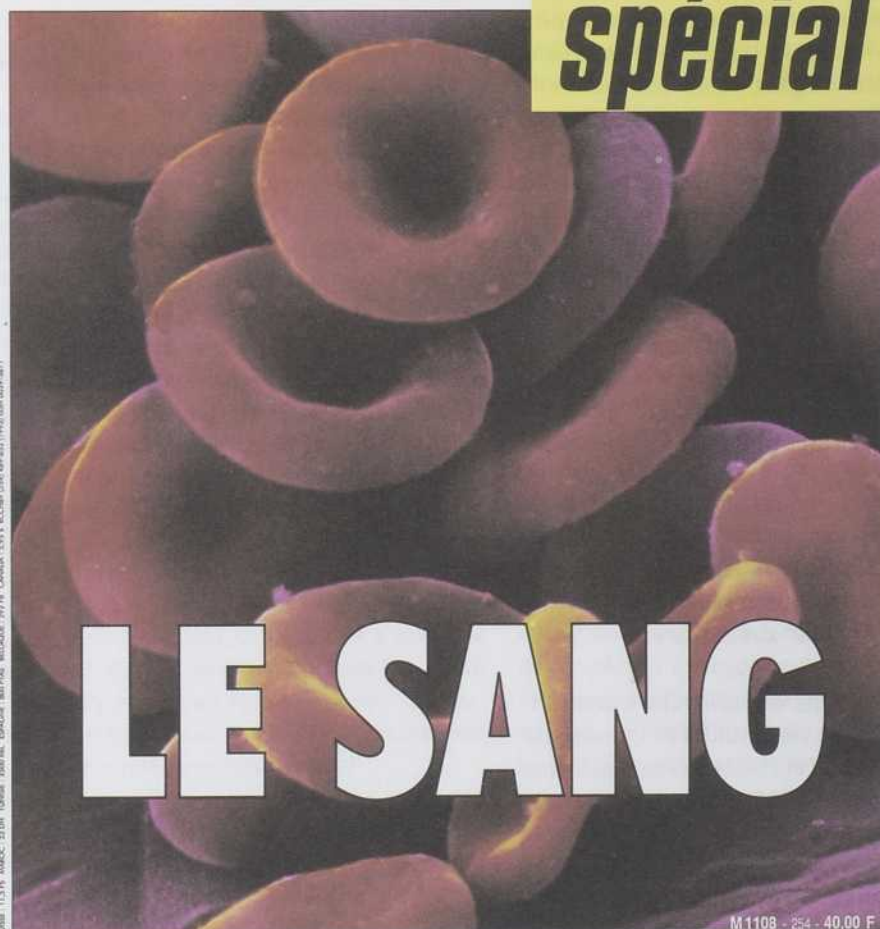
*Quels sont
aujourd'hui les
risques d'une
transfusion?*

*Quelle confiance
peut-on avoir
dans les produits
dérivés du sang?*

*Quels sont les
enjeux financiers
de leur
commercialisation?*

*Quels sont
les plus récents
progrès
de la biologie
dans ce domaine?*

LA RECHERCHE *spécial*



MENSUEL N° 254 MAI 1993 • 40 FRANCS

M1108 - 254 - 40,00 F



*Autant de questions que l'affaire du sang contaminé
par le virus du sida a placées à la une de l'actualité.
Des questions auxquelles répond LA RECHERCHE dans
son numéro spécial du mois de mai.*

UN NUMÉRO EXCEPTIONNEL A NE PAS MANQUER • EN VENTE DÉBUT JUIN

De main de maître^{MC}...

en droit de l'environnement

*S*eule une équipe multidisciplinaire permet une vision claire et offre une maîtrise complète des questions de droit de l'environnement.

Chez Ogilvy Renault, vous trouverez une équipe d'avocats formés dans plusieurs domaines de pratique, dont certains possèdent aussi une formation universitaire complémentaire en biologie, en génie, en relations industrielles ou en sciences politiques et ont acquis une compétence exceptionnelle en droit de l'environnement.

Des questions soulevées lors des transactions ou du financement d'une entreprise aux obligations de décontamination, des conseils sur la conformité aux lois et règlements environnementaux aux litiges concernant la responsabilité civile ou pénale, l'équipe du droit de l'environnement d'Ogilvy Renault sera à vos côtés.

L'avantage d'Ogilvy Renault, c'est de vous offrir l'alliage unique d'une connaissance profonde des questions environnementales et d'une performance reconnue en droit traditionnel.

L'alliage tradition ~ innovation^{MC}

OGILVY
RENAULT
AVOCATS

Montréal Ottawa Québec

Osler Renault Ladner
Londres Paris Hong Kong New York

Swabey Ogilvy Renault
Montréal Ottawa

© Ogilvy Renault, 1993





Réseaux de centres d'excellence

Ensemble pour innover



Les 15 Réseaux de centres d'excellence relient des chercheurs chevronnés de partout au pays qui effectuent des travaux de recherche concertée et orientée dans des domaines d'importance économique et stratégique pour le Canada. Chaque réseau fournit aux jeunes chercheurs canadiens un milieu de formation stimulant, et crée des partenariats avec l'industrie en vue d'accélérer le transfert de connaissances et de technologie au secteur privé.

Cet effort national de R et D vise à accroître la compétitivité du Canada sur le marché mondial.

Renseignements :

Programme de réseaux de centres d'excellence
200, rue Kent
Ottawa, Canada K1A 1H5
Téléphone : (613) 995-6010
Télécopieur : (613) 992-7356

Canada

LEXIQUE DES SERVICES DE SANTÉ

nouveauté

Ce lexique anglais-français, français-anglais présente un ensemble de termes et d'expressions propres au secteur des services de santé en général au pays. C'est un ouvrage de base qui prendra plus d'expansion au fur et à mesure de son actualisation.

Il est divisé en deux parties, traitant des services de santé mêmes et des appellations officielles qui s'y rattachent.

Cette publication s'adresse aux professionnels de la santé et aux traducteurs, terminologues et interprètes.

Publié par le Secrétariat d'État, le lexique a été élaboré par le réseau Entraide Traduction Santé (ETS), un groupe de traducteurs oeuvrant dans le domaine de la santé.

*Bulletin de Terminologie 205, 1991
Code GCC-É : 029401 1068 entrées
14,95\$ (17,95\$ à l'étranger)*

*Disponible par la poste auprès du:
**Groupe Communication
Canada - Édition**
Ottawa (Ontario) Canada
K1A 0S9
Tél.: (819) 956-4802
ou par l'entremise des librairies
associées*



Medical Research
Council of Canada

Conseil de recherches
médicales du Canada

Secrétariat d'État
du Canada

Department of the Secretary
of State of Canada



CHERCHEURS RECHERCHÉS

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

...

DÉPARTEMENT DE DIDACTIQUE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'ÉDUCATION

Professeur, professeure en didactique

Le Département de didactique de la Faculté des sciences de l'éducation cherche une professeure régulière ou un professeur régulier à plein temps spécialisé dans le domaine de la didactique du français langue d'enseignement en milieux pluriethniques.

FONCTIONS: enseignement de 1^{er}, 2^e et 3^e cycles dans le domaine et encadrement d'étudiantes et d'étudiants inscrits aux études supérieures en didactique du français langue d'enseignement et langue seconde; élaboration et conduite de recherches dans le domaine. **EXIGENCES:** doctorat (terminé ou en voie de l'être) en didactique du français ou dans un domaine connexe; connaissance de l'enseignement en milieux pluriethniques; capacité d'assumer des enseignements universitaires et d'entreprendre un programme de recherche dans le domaine; l'expérience dans l'enseignement sera considérée comme un atout. **DATE D'ENTRÉE EN FONCTION:** automne 1993

TRAITEMENT: selon la convention collective

Les personnes intéressées doivent faire parvenir leur curriculum vitae, une lettre précisant leurs intérêts et compétences dans le domaine ainsi que le nom de trois répondants avant le 1^{er} juin 1993 à:

Gilles Bibeau

Directeur

Département de didactique
Université de Montréal
C.P. 6128, succursale A
Montréal (Québec) H3C 3J7

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 LAVAL

...

CHAIRE D'ÉTUDE SUR LA CONDITION DES FEMMES

Titulaire

La Chaire d'étude sur la condition des femmes de l'Université Laval cherche à promouvoir les travaux visant la transformation des systèmes de valeurs, des structures et des rapports sociaux qui maintiennent les inégalités entre les femmes et les hommes. Elle privilégie l'étude des interactions entre l'évolution des conditions de vie des femmes, les changements technologiques et socio-économiques, les idéologies, les images et les représentations au sujet des femmes. Elle veut aussi faire avancer la connaissance des femmes comme actrices du changement social et de leurs rôles sur les institutions: famille, école, système de santé, travail et emploi, etc. Le comité directeur invite les personnes intéressées à poser leur candidature au poste de titulaire de la Chaire d'étude sur la condition des femmes de l'Université Laval.

FONCTIONS: la personne titulaire aura comme tâche principale de mener et de stimuler des recherches féministes en milieu universitaire. Ses responsabilités incluront également une part d'enseignement et elle aura à maintenir des liens avec les groupes de femmes du Québec. Le poste est offert pour deux ans avec possibilité d'un seul renouvellement. **EXIGENCES:** doctorat ou l'équivalent; contribution importante dans le domaine de la recherche féministe en termes de

publications et de communications depuis l'obtention du doctorat; champ de spécialisation ouvert; connaissance des groupes de femmes et collaboration à leurs activités; maîtrise de la langue française. La préférence sera accordée à la personne ayant participé à des recherches dans des groupes multidisciplinaires et possédant les qualités suivantes: habileté à communiquer, esprit d'équipe, sens de l'organisation, initiative, dynamisme.

DATE D'ENTRÉE EN FONCTION:

1^{er} septembre 1993

TRAITEMENT: selon les barèmes en vigueur à l'Université Laval

Transmettre votre dossier de candidature avant le 28 mai 1993 à:

Présidente du comité directeur

Chaire d'étude

sur la condition des femmes

Département d'administration

et politique scolaires

Bureau 1122

Faculté des sciences de l'éducation

Université Laval, Sainte-Foy (Québec)

G1K 7P4

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

...

DÉPARTEMENT DES SCIENCES COMPTABLES

Professeurs, professeures

Le Département des sciences comptables de l'École des sciences de la gestion, cherche à combler des postes de professeurs réguliers ou professeures régulières dans les domaines suivants: système d'information comptable, comptabilité financière, vérification, comptabilité de gestion, finance, fiscalité, méthodes quantitatives appliquées aux sciences comptables.

FONCTIONS: enseignement au 1^{er} cycle et aux études avancées; recherche; encadrement d'étudiantes et d'étudiants diplômés; service à la communauté.

EXIGENCES: doctorat en sciences comptables ou dans une discipline connexe. Les personnes dont la rédaction de thèse est avancée seront également considérées.

DATE D'ENTRÉE EN FONCTION: 1^{er} juillet 1993 ou 1^{er} janvier 1994

TRAITEMENT: selon la convention collective SPUQ-UQAM

Les personnes intéressées sont priées de faire parvenir un curriculum vitae en français accompagné d'un échantillon de leurs travaux et de lettres de recommandation envoyées directement par les répondants à:

Réal Labelle

Directeur

Département

des sciences comptables

Université du Québec à Montréal

C.P. 8888, succursale A

Montréal (Québec) H3C 3P8

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

IBM

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 Ltd., compagnie affiliée, est un usager inscrit.



Pour connaître l'actualité de la
**RECHERCHE SCIENTIFIQUE
EN SANTÉ /SÉCURITÉ DU TRAVAIL**

Notre
PÉRIODIQUE

Parmi nos
THÈMES

Lésions attribuables
au travail répétitif

Maux de dos

Bruit et vibrations

Contaminants chimiques
ou biologiques

Sécurité des
machines et des outils

Équipements
de protection

Organisation du travail

Qualité de l'air

Pour votre
abonnement
gratuit

NOTRE COUPON

Si vous désirez être informé des recherches menées ou financées par l'Institut, abonnez-vous au périodique l'IRSST, publié trois fois par année.



INTERFACE 93

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

Nom _____
Fonction _____
Organisme _____
Adresse _____
Ville _____ Province _____
Code postal _____ Téléphone _____



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



SOURCES

RECENSION

LA VÉRITÉ

SUR L'EFFET DE SERRE,

LE DOSSIER D'UNE MANIPULATION

PLANÉTAIRE, YVES LENOIR, COLLECTION

«SCIENCES ET SOCIÉTÉ», PARIS,

ÉDITIONS LA DÉCOUVERTE, 1992,

172 PAGES.

Depuis près d'une décennie, avec des records de température enregistrés à l'échelle planétaire, la perspective d'un réchauffement mondial du climat a fait l'objet d'une attention accrue de la part des scientifiques, des décideurs et de la population en général. Il va de soi que la perspective de modification du climat, d'origine anthropique, pourrait remettre en question toute la planification de nos activités socio-économiques pour les prochaines décennies. Les coûts énormes de tels changements font dire à certains qu'il est nécessaire d'approfondir les études avant de prendre les décisions coûteuses qui s'imposent. Paradoxalement, pour d'autres, de tels changements représentent le moteur d'une nouvelle économie prospère axée sur la qualité de l'environnement plutôt que sur la consommation à outrance.

Quoi qu'il en soit, la situation a fait dire aux modèles mathématiques du climat bien plus qu'ils ne le peuvent, tout au moins dans l'état actuel de la recherche en ce domaine. C'est dans ce contexte que s'inscrit le livre d'Yves Lenoir. L'auteur s'attaque, peut-être injustement, aux modèles mathématiques et aux « technocrates qui les manipulent ». On voit ici la perspective de l'ingénieur qui perçoit ces produits de la haute technologie informatique comme des outils de prévisions de notre futur. Cela témoigne d'une vision trop répandue dans les domaines politiques, économiques et sociaux de la question. Du point de vue scientifique, l'objet de ces modèles mathématiques est d'abord et avant tout de comprendre le fonctionnement du climat.

Depuis quelques siècles, les physi-
ciens se sont acharnés à découvrir les
lois fondamentales régissant l'univers
en considérant isolément chacun des
phénomènes pris dans des « conditions
idéales ». Récemment, a émergé l'étude
des interactions non linéaires dans les
systèmes complexes, dont le climat n'est
qu'un exemple. Les modèles numéri-
ques du climat rassemblent des lois
fondamentales permettant d'étudier
l'évolution du système atmosphère-

quer les résultats des modèles actuels
au climat futur. La critique majeure for-
mulée par l'auteur quant à la fiabilité
des scénarios climatiques est pertinente
du fait qu'il existe une marge énorme
dans la compréhension du problème
des changements climatiques entre les
scientifiques, les technocrates mani-
pulant les résultats des modèles et les
politiciens qui envisagent l'adoption
d'une « taxe de l'atmosphère ».

L'auteur s'emploie à énumérer la liste
des déficiences des modèles. Notons
ici qu'il ne faut pas voir les discussions
scientifiques publiées dans les revues
spécialisées comme un désaveu fonda-
mental de la méthodologie, mais plutôt
comme une saine auto-critique de l'état
actuel de la recherche. Pourtant, l'au-
teur y voit autant de preuves de la non-
validité de la méthode de modélisation
du fonctionnement du climat. Malgré
une vision plutôt étroite de la situation,
le livre offre aux lecteurs avisés des su-
jets d'argumentation pour faire contre-
poids à l'usage aveugle des modèles
du climat et des scénarios élaborés à
partir des modèles. La réalité se trouve
très probablement à une position inter-
médiaire entre ces extrêmes. L'auteur
conteste sérieusement l'usage du bioxyde
de carbone (CO_2) en tant que gaz étalon
pour évaluer l'impact de tous les gaz à
effet de serre. Finalement, l'erreur prin-
cipale que fait ce dernier se retrouve
dans les deux premiers mots
du titre, *La vérité*...

Jean-Pierre Blanchet, professeur, Dé-
partement de physique, Université du
Québec à Montréal, président de l'Asso-
ciation de climatologie du Québec



océan-lithosphère-biosphère. En raison
de leurs conceptions simplifiées, ces
modèles ne représentent (et de façon
délibérée) qu'un analogue très limité
de la réalité. L'étapisme utilisé dans
l'étude du climat selon ces modèles per-
met aux spécialistes d'évaluer l'import-
ance des divers facteurs propres au cli-
mat et de déterminer les failles dans
notre compréhension de son mécanisme.
La prévision d'un changement climatique
n'est valide que dans la mesure où le
mécanisme responsable est bien com-
pris. Il est sans contredit difficile d'appli-

LIVRES REÇUS

Sciences et technologie

ATLAS BIOMASSE DU QUÉBEC, Centre québécois de valorisation de la biomasse, Gouvernement du Québec.

LA MÉMOIRE HUMAINE, Théorie et pratique, Alan Baddeley, Presses universitaires de Grenoble, 547 pages.

SCIENCE ET TECHNOLOGIE AU QUÉBEC, Répertoire 1993-1994, Québec dans le monde, 192 pages.



VOUS DEVRIEZ LIRE...

BJØRN SUNBY, que nous pré-

sentons au début de ce numéro, vous suggère de lire, pour son approche exceptionnelle de la synthèse des connaissances, **Le Prince** de Machiavel.

Sciences de la Terre

VOCABULAIRE CANADIEN DU QUARTERNAIRE, Secrétariat d'État du Canada, Groupe Communication Canada, 154 pages.

VOCABULAIRE DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE, volume 1: Les agents à effet de serre, Secrétariat d'État du Canada, Groupe Communication Canada, 597 pages.

Médecine

ENDOCRINOLOGIE, deuxième édition, Ronald Matte, Raphaël Bélanger et collaborateurs, Les Presses de l'Université de Montréal, 480 pages.

LA PROFESSION INFIRMIÈRE, Valeurs, enjeux, perspectives, sous la direction d'Olive Goulet, Gaëtan Morin éditeur, 248 pages.

LE DÉFI DE L'ÉGALITÉ, La santé mentale des hommes et des femmes, N. Guberman, J. Broué, J. Lonsday, L. Spector, Gaëtan Morin éditeur, 208 pages.

DÉVELOPPER SON AUTONOMIE EN SOINS INFIRMIERS, Anne-Marie Pôlet-Masset, Gaëtan Morin éditeur.

QUALITÉ DES SOINS INFIRMIERS: CONCEPTS ET ÉVALUATION, 3^e édition, Jacqueline Laurin, Les Presses de l'Université de Montréal, 280 pages.

Sociologie

CAHIERS DE RECHERCHE SOCIOLOGIQUE - 1992, «Entreprises: approches théoriques et études de cas», Université du Québec à Montréal, Département de sociologie, 338 pages.

Politique

LE PARTI LIBÉRAL DU QUÉBEC, Alliances, rivalités et neutralités, Vincent Lemieux, Les Presses de l'Université Laval, 257 pages.

LES ALMANACHS RÉPUBLICAINS, Traditions révolutionnaires et culture politique des masses populaires de Paris (1840-1851), Ronald Gosselin, Les Presses de l'Université Laval, 330 pages.

ÉNERGIE ET FÉDÉRALISME AU CANADA, Politique et économie, Michel Duquette, Les Presses de l'Université de Montréal, 242 pages.

LES FORMES MODERNES DE LA DÉMOCRATIE, Politique et économie, Gérard Boismenu, Pierre Hamel, Georges Labica, Les Presses de l'Université de Montréal, 304 pages.

LE QUÉBEC EN JEU, Comprendre les grands défis, Gérard Daigle, Guy Rocher, Les Presses de l'Université de Montréal, 816 pages.

LES IDÉES POLITIQUES DE PLATON À MARX, Michel Duquette, Diane Lamoureux, Les Presses de l'Université de Montréal, 480 pages.

DICTIONNAIRE DES PARLEMENTAIRES DU QUÉBEC 1792-1992, Les Presses de l'Université Laval, 860 pages.

LES CANADIENS ET LES CHANGEMENTS À L'ÉCHELLE DU GLOBE, Société royale du Canada, 60 pages.

LES USAGERS ENTRE MARCHÉ ET CITOYENNETÉ, sous la direction de Michel Chauvière et Jacques T. Godbout, L'Harmattan, 332 pages.

LE STATUT JURIDIQUE DU FRANÇAIS EN ONTARIO, La législation et la jurisprudence provinciales, J. L. Gilles LeVasseur, Les Presses de l'Université d'Ottawa, 272 pages.

COEXISTENCE MENACÉE, La dualité linguistique à l'Université d'Ottawa, vol. 2: 1898-1936, Roger Guindon, Les Presses de l'Université d'Ottawa, 254 pages.

Sciences naturelles

LA FOIRE AUX DINOSAURES, Réflexions sur l'histoire naturelle, Stephen Jay Gould, Éditions du Seuil, 496 pages.

Histoire

DU MANUSCRIT À LA TABLE, Essais sur la cuisine au Moyen âge et répertoire des manuscrits médiévaux contenant des recettes culinaires, sous la direction de Carole Lambert, Les Presses de l'Université de Montréal, 396 pages.

Environnement

GÉRER LES CATASTROPHES, L'incertitude à apprivoiser, Hélène Denis, Les Presses de l'Université de Montréal, 250 pages.

Gestion, marketing

GESTION STRATÉGIQUE ET OPÉRATIONNELLE DES RESSOURCES HUMAINES, Petit, Bélanger, Benabou, Foucher, Bergeron, Gaëtan Morin éditeur, 776 pages.

LA MICRO-ÉCONOMIE ET L'ENTREPRISE, André Bellehumeur, Gaëtan Morin éditeur, 248 pages.

DE LA VENTE À LA REPRÉSENTATION, Jean-Marc Chaput, Paul-Dominique Gagnon et collaborateurs, Gaëtan Morin éditeur, 326 pages.

COMPORTEMENT DU CONSOMMATEUR ET MARKETING, John V. Petrof, Les Presses de l'Université Laval, manuel, 536 pages, guide pratique, 379 pages.



LES COMMERCE DE DÉTAIL, MARKETING ET GESTION, Gaulin, Laroche, McDougall, Mason, Mayer, Ezell, Gaëtan Morin éditeur, 784 pages.

Mathématiques, statistiques

PROBABILITÉS ET STATISTIQUES, 2^e édition, Audet, Boucher, Caumartin, Skeene, Gaëtan Morin éditeur, 430 pages.

Littérature

LE MOT, LES MOTS, LES BONS MOTS - WORD, WORDS, WITTY WORDS, sous la direction d'André Clas, Les Presses de l'Université de Montréal, 369 pages.

LES FACULTÉS DES LETTRES, *Recherches récentes sur l'épistolaire français et québécois*, Centre universitaire pour la sociopoétique de l'épistolaire et des correspondances, Université de Montréal, Département d'études françaises, 241 pages.

USAGES DE LA POÉSIE, *Le discours des poètes québécois sur la fonction de la poésie (1945-1970)*, François Dumont, Les Presses de l'Université Laval, 248 pages.

DÉRIVE, Nicole Balvay-Haillot, Les Éditions du remue-ménage, 113 pages.

LE CRI DU LOON, Monique Genuist, Les Éditions des Plaines, 163 pages.

LA SERINGUE ROUGE, Nadine Mackenzie, Les Éditions des Plaines, 133 pages.

LE CYCLE MANITOBAIN DE GABRIELLE ROY, Carol J. Harvey, Les Éditions des Plaines, 273 pages.

MÉLANGES DE LITTÉRATURE CANADIENNE-FRANÇAISE ET QUÉBÉCOISE OFFERTS À RÉJEAN ROBIDOUX, textes réunis par Yolande Grisé et Robert Major, Les Presses de l'Université d'Ottawa, 438 pages.

BIBLIOGRAPHIE DE LA CRITIQUE DE LA LITTÉRATURE QUÉBÉCOISE ET CANADIENNE-FRANÇAISE DANS LES REVUES CANADIENNES (1760-1899), René Dionne, Pierre Cantin, Les Presses de l'Université d'Ottawa, 308 pages.

Études féministes

LE HARCÈLEMENT SEXUEL: NON C'EST NON! Johanne de Bellefeuille, Les Éditions du remue-ménage, 114 pages.

UN MAL INVISIBLE, *L'isolement social des femmes*, L'R des centres de femmes du Québec, N. Guberman, J. Leblanc, F. David, J. Belleau, Les Éditions du remue-ménage, 200 pages.

RELEVONS LE DÉFI! *Actes du colloque sur l'intervention féministe dans le nord-est de l'Ontario*, Collectif des femmes francophones du Nord-Est ontarien, Gaëtan Morin éditeur, 282 pages.

Informatique

LA CARTE À MÉMOIRE, *Ses aspects juridiques et technologiques*, Pierre Mackay, Pierre Trudel, 243 pages.

LECTURES D'ÉTÉ, LÉGÈRES ET NÉANMOINS UNIVERSITAIRES, ET PAS TOUJOURS AUSSI LÉGÈRES QUE ÇA!

WILLIAM BOYD

• *Brazzaville plage*, Paris, Éditions du Seuil, 1991. Une incursion dans le monde des chimpanzés d'Afrique, des mathématiques pures et dans la vie de scientifiques au sens éthique variable.

ROBERTSON DAVIES

• *Les Anges rebelles*, Paris, Payot, 1990. Un excellent roman canadien.

CAMILLE DUBAC

• *Meurtre à l'ENA*, Paris, Calmann-Lévy, 1987. Un petit polar, une grande école.

LISE GAUVIN

• *Fugitives*, Montréal, Boréal, 1991. Un recueil de nouvelles. À ne pas manquer: celle intitulée «La Chose».

CAROLYN HEILBRUN

• *Mort à Harvard et L'Affaire James Joyce*, Paris, Éditions 10/18, 1993. Deux romans à suspense, remarquablement construits, qui se déroulent dans le monde des grandes universités américaines, où l'auteure enseigne.

ARTHUR KÖESTLER

• *Les Call-girls*, Paris, Calmann-Lévy, 1973. Sur l'inconséquence et l'irresponsabilité intellectuelle des «experts», professeurs et autres, et une caricature parfois drôle de la vie de colloque ou de symposium.

ALEXIS LECAYE

• *Einstein et Sherlock Holmes*, Paris, Payot, 1989. Un polar loufoque. Des chercheurs assassinés. Einstein est de la partie, comme l'indique le titre.

DAVID LODGE

• *Un tout petit monde*, Paris, Rivages poche/Bibliothèque étrangère, 1990.
• *Jeu de société*, Paris, Rivages poche/Bibliothèque étrangère, 1991.
• *Nouvelles du paradis*, Paris, Rivages, 1992. De la transhumance des universités au moment des congrès, aux aventures d'un théologien et d'un sociologue des loisirs à Hawaï, en passant par la collaboration université-industrie, trois romans satiriques sur le monde merveilleux de l'Université. Personne n'est épargné.

ALISON LURIE

• *Des amis imaginaires*, Paris, Rivages, 1991. Histoire d'une querelle entre deux sociologues de la vieille et de la jeune école. Une brillante satire de la sociologie et du monde totalitaire des sectes.
• *Liaisons étrangères*, Paris, Rivages, 1978. Quand deux professeurs de littérature de collèges américains se retrouvent à Londres en année sabbatique.
• *Conflits de famille*, Paris, Rivages, 1990. Les conflits entre les générations et les sexes vus à travers la vie de famille d'un professeur de l'Université de Corinthe.

VLADIMIR NABOKOV

• *Pnine*, Gallimard, 1991. Un très grand roman ironique et perspicace à propos de la vie d'un professeur de lettres sur un campus américain. Magnifique.

REDMOND O'HANON

• *Au cœur de Bornéo*, Paris, Petite Bibliothèque Payot/Voyageurs, 1988. L'aventure d'un naturaliste, une sorte de Tarzan intellectuel, qui s'enfonce dans la jungle à la recherche d'un rhinocéros introuvable.

GEORGES PEREC

• *Cantatrix Sopranica L.: et autres écrits scientifiques*, Paris, Éditions du Seuil, 1991. Pas un roman, mais une plaquette rassemblant des textes désopilants moquant de façon parfaite l'écriture d'articles scientifiques avec leur jargon, leur érudition souvent superfétatoire, et tout l'appareil critique de notes et références toutes plus bizarroïdes les unes que les autres. Le premier texte qui donne son nom au recueil, surtout, est à lire.

Nous tenons à remercier pour leur collaboration: Armande Lebeau et Camille Limoges de l'Université du Québec à Montréal, Rodrigue Bélanger de l'Université du Québec à Rimouski et Françoise Braun de l'Acfas.

Bonne lecture!

MAÎTRISE EN TECHNOLOGIE DES SYSTÈMES

Afin de former des spécialistes aptes à favoriser le transfert technologique dans l'industrie, l'École de technologie supérieure offre un programme de maîtrise en technologie des systèmes (M.Ing.).

Comportant 45 crédits (dont 15 sont rattachés à un projet d'application qui peut être rémunéré et effectué en milieu industriel), ce programme inclut des cours portant sur les systèmes manufacturiers, électriques, mécaniques et informatiques. Il est offert à temps complet ou à temps partiel.

L'ÉTS offre à ses étudiants de deuxième cycle à temps complet la possibilité d'obtenir un revenu annuel minimal de 12 000 \$. Plusieurs bourses prestigieuses sont offertes, notamment par Bombardier, Bell Canada et Hydro-Québec. Un revenu supplémentaire peut aussi être obtenu d'autres sources.

Date limite d'admission :
1^{er} juin 1993

Bureau du registraire
École de technologie supérieure
4750, avenue Henri-Julien
Montréal (Québec) H2T 2C8
Téléphone : (514) 289-8888
Télécopieur : (514) 289-8950



Université du Québec
École de technologie supérieure

ÉTS

le génie
pour l'industrie



Acfas

L'Acfas OFFRE DES AVANTAGES À SES MEMBRES:

**Être membre de l'Acfas
donne droit à certaines réductions:**

- ★ **15% de réduction** sur les livres de la collection
Les Cahiers scientifiques de l'Acfas
- ★ **25% de réduction** à l'achat de lunettes de prescription (verres et montures), lentilles cornéennes ou lunettes solaires chez:
D'G. Mazigi, optométriste
420, rue Jean-Talon Est
Montréal
Tél.: (514) 277-3409
(valable aussi pour votre famille immédiate)
- ★ **20% de réduction** sur les disques compacts et les livres à la librairie Champigny, à l'exception des prix déjà réduits, des livres techniques et scolaires et de l'utilisation des coupons rabais:
Librairie Champigny
4380, rue St-Denis
Montréal
Tél.: (514) 844-2587
- ★ **10% de réduction** sur tout volume à prix régulier (prix de catalogue) qui se trouve en librairie chez:
Librairie La Liberté
Centre Innovation
2360, chemin Sainte-Foy
Québec
Tél.: (418) 658-3640
- ★ **Jusqu'à 15% de réduction** sur le tarif habituel de location (occupation simple ou double, à partir de 62\$ par nuit) à:
Hôtel Arcade
50, boul. René-Lévesque Ouest
Montréal
Tél.: (514) 874-0906
(Spécifier tarif corporatif au moment de la réservation)
- ★ **Réduction** pour location de voiture chez TILDEN:
(Tarif corporatif / rabais-hotels)
Tél.: 1-800-361-5334
Demander votre auto-collant TILDEN
au secrétariat de l'Acfas. Tél.: (514) 849-0045

D'autres avantages sont actuellement négociés;
ils seront annoncés ultérieurement.

Pour bénéficier de ces avantages, présentez votre carte de membre. Celle-ci est envoyée en même temps que le reçu attestant le paiement de l'abonnement à *Interface*.

L'abonnement à Interface comprend l'adhésion à l'Association canadienne-française pour l'avancement des sciences.

MAI

12 mai

«Recherche quantitative versus recherche qualitative: un faux débat sur un vrai problème». Conférence organisée par l'Université de Montréal. Conférencier: Jean-Baptiste Haché. À l'Université de Montréal.

Renseignements:

Daniel Bourbonnais

(514) 340-2085, poste 2193

13-14 mai

Colloque de la Société de criminologie du Québec, organisé par l'École de criminologie, à l'Université de Montréal.

Renseignements:

Samir Rizkalla

(514) 873-4239

13-15 mai

Journées internationales ARTAUD, organisées par le Département d'études littéraires de l'UQAM.

Renseignements:

Simon Harel

Denis Martineau

(514) 987-4289

13-16 mai

«Désafférentation et contrôle moteur dans l'expérimentation humaine». Symposium international organisé par le Département d'éducation physique de l'Université Laval.

Renseignements:

Michelle Fleury

(418) 656-2436

14-15 mai

Le patrimoine industriel: comment le mettre en valeur? 6^e Congrès annuel de l'Association québécoise pour le patrimoine industriel (AQPI), au Musée de la civilisation, à Québec.

Renseignements:

AQPI

(514) 598-8185

17-21 mai

61^e Congrès de l'Association canadienne-française pour l'avancement des sciences: «Objectif science», à l'Université du Québec à Rimouski.

Renseignements:

Acfas

(514) 849-0045

21 mai

Journée de la recherche du Département d'ophtalmologie, organisée par le Département d'ophtalmologie, à l'Université de Montréal, pavillon principal.

Renseignements:

Jocelyne Choukroum

(514) 343-7094

21 mai

«De l'enfermement à la maladie mentale», entretiens sur l'histoire de la santé publique, par Guy Grenier du Département d'histoire de l'Université de Montréal. À l'Université de Montréal.

Renseignements:

Maryse Tremblay

(514) 343-6139

24-28 mai

«L'enseignement supérieur à la croisée des chemins», première conférence biennale du Réseau international des organismes de promotion de la qualité en enseignement supérieur, à l'Hôtel du Parc, à Montréal.

Renseignement:

Jacques L'Écuyer

Université du Québec

(418) 657-3551

O'Neil Dupuis

CREPUQ

(514) 288-8524

25-28 mai

3^e Colloque international de nursing familial, organisé par l'Université McGill.

Renseignements:

Secrétariat de l'Université McGill

(514) 398-3770

26 mai

3^e Colloque sur la réfection des infrastructures de béton: «Auscultation et instrumentation», organisé par le Centre de recherche interuniversitaire sur le béton (CRIB) en collaboration avec le Réseau de centres d'excellence sur les bétons à haute performance, à l'hôtel Delta, à Sherbrooke.

Renseignements:

Nicole Laverdière

CRIB

(819) 821-7241

27-28 mai

3^e Colloque de l'Association québécoise pour la réadaptation psychosociale: «Le soutien dans la communauté», à l'Université Laval, à Québec.

Renseignements:

Nathalie Roy

AQRP

(418) 663-5030

27-29 mai

Génétique et société, colloque organisé par la Société royale du Canada, à l'hôtel Holiday Inn-Crowne Plaza, à Montréal.

Renseignements:

Lynda O'Donnell

(613) 991-9000

29 mai

Journée annuelle de périnatalité, organisée par l'École des sciences infirmières de l'Université Laval.

Renseignements:

Linda Lepage

(418) 656-2128

30 mai-3 juin

76^e Congrès et exposition de la Société canadienne de chimie, au Centre des congrès de Sherbrooke.

Renseignements:

Marie-Josée Bolduc

(819) 821-7566

30 mai-3 juin

Congrès de l'Institut de chimie du Canada, organisé par un groupe de professeures, de professeurs, de professionnelles et de professionnels de l'Université Bishop et de l'Université de Sherbrooke. Au Centre des congrès de Sherbrooke.

Renseignements:
MM. Carmel Jolicoeur
et Hugues Ménard
(819) 821-7565, 821-7084

30 mai-4 juin

17^e Congrès de l'Association internationale pour la prévention du suicide. À l'Université du Québec à Montréal.

Renseignements:
Brian Mashara
LAREHS
UQAM
C.P. 8888, succursale A
Montréal (Québec) H3C 3P8
Téléc.: (514) 987-8408

31 mai-4 juin et 7-10 juin

Spectrométrie des rayons X, cours organisés par le Centre de recherches minérales, à Sainte-Foy.

Renseignements:
Marc Desgagnés
(418) 643-4540

JUIN

1^{er}-4 juin

«Les collèges, une voie essentielle de développement», conférence nationale de clôture du 25^e anniversaire de la création des cégeps, organisée conjointement par l'Association québécoise de pédagogie collégiale, le Cégep de Chicoutimi et la Fédération des cégeps.

Renseignements:
Denise Doth (514) 325-0150
Lily Houde (418) 549-9520, poste 274
Céline Jacob (514) 381-8631, poste 330

2-4 juin

3^e Conférence de la Société canadienne d'épidémiologie et de biostatistiques, organisée par l'Éducation médicale continue de l'Université Laval.

Renseignements:
Madame Dominique Houde
(418) 656-3626

3-4 juin

Colloque de l'Association professionnelle de criminologie du Québec, organisé par l'École de criminologie, à l'Université de Montréal.

Renseignements:
Réjean Arseneault
(514) 434-1404

5 juin

Congrès annuel 1993 de l'Association d'études canadiennes: «Voyages réels et imaginaires, personnels et collectifs», en collaboration avec l'Association des littératures canadiennes et québécoises, à l'Université Carleton, à Ottawa.

Renseignements:
(514) 987-7784

7-10 juin

16^e Symposium canadien de télédétection et 8^e Congrès de l'Association québécoise de télédétection.

Organisés par l'Université de Sherbrooke. Au Centre des congrès de Sherbrooke.

Renseignements:
Paul Gagnon
(819) 821-7180

11-13 juin

Colloque de la Confédération des coopératives d'habitation du Québec, avec la collaboration du Centre de gestion des coopératives, à l'École des hautes études commerciales, à Montréal.

Renseignements:
Centre de gestion des coopératives
(514) 340-6011

15-18 juin

Symphonie en ré... solution de problèmes: premier mouvement. 20^e Session de perfectionnement organisée par le Groupe des responsables en mathématique au secondaire inc. Au Séminaire Saint-Augustin dans la région de Québec.

Renseignements:
Madeleine Boutin
(514) 963-1211

18 juin

Chimie, environnement: une question d'équilibre, congrès de l'Ordre des chimistes du Québec, à l'hôtel Hilton, à Québec.

Renseignements:
Ordre des chimistes du Québec
(514) 844-3644

21-23 juin

«Le processus de guérison: par delà la souffrance ou la mort». Premier congrès international de psychiatrie transculturelle. Une approche d'intégration transculturelle à la vie. Le Dalaï Lama présidera la séance plénière d'ouverture. Congrès organisé par le Département de psychiatrie de l'Université de Montréal, au Palais des congrès de Montréal.

Renseignements:
Monique Touchette
(514) 343-7755

BIO-MEGA

Boehringer Ingelheim
Recherche inc.

UN CHEF DE FILE
EN RECHERCHE
PHARMACEUTIQUE
AU CANADA

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

25-30 juin

6^e Conférence internationale des processus multiphotoniques (ICOMP-VI)

organisée par l'Optical Society of America. À l'Université Laval, à Québec.

Renseignements:

M. See Leang Chin

Centre d'optique, photonique et laser

Université Laval

(418) 656-3418

Optical Society of America

(202) 233-0920

JUILLET

4-9 juillet

6^e Congrès international sur les films moléculaires organisés

organisé par l'Université du Québec à Trois-Rivières.

Renseignements:

Dr Pierre F. Blanchet,

Département de chimie-biologie

(819) 376-5052

11-15 juillet

21^e Conférence de la Société internationale de chronobiologie

à Québec, à l'hôtel Loews Le Concorde. Organisée par l'École de pharmacie de l'Université Laval.

Renseignements:

Pierre-Paul Leblanc

(418) 654-2776

12-14 juillet

Conférence mixte sur l'environnement

organisée par la Société canadienne de génie civil et l'American Society of Civil Engineers.

Renseignements:

Raymond N. Yong

Centre de recherche géotechnique

de l'Université McGill

(514) 398-7361

12-16 juillet

«La radiobiologie: aspects biologiques et bases physico-chimiques»

Colloque organisé à Sherbrooke par la Faculté de médecine de l'Université de Sherbrooke. À l'auberge Chéribourg.

Renseignements:

Jean-Paul Jay-Gerin

(819) 563-5555,

postes 4683-4519-4601

AOÛT

4-7 août

Conférence internationale sur l'intelligence artificielle (ICCS '93)

organisée par le Département d'informatique de l'Université Laval. À la Cité universitaire.

Renseignements:

(418) 656-5580

16-18 août

Congrès annuel de la Société de spectroscopie

organisé par le Département de chimie de l'Université Laval. À la Cité universitaire.

Renseignements:

Michel Pézolet

(418) 656-2481

PUBLICATIONS DE LA**FÉDÉRATION
CANADIENNE DES
SCIENCES SOCIALES**

Hâtez-vous de commander le dernier-né des guides pratiques: *Sources de financement du gouvernement fédéral: guide pratique pour les sciences sociales, 1993* (10\$).

De la même collection:
Le droit d'auteur: guide pratique pour les sciences sociales et les études humaines.
Les Archives – Transport et Accès: guide pratique pour les sciences sociales.

Également disponible: *Vers une égalité nouvelle: la femme dans les universités canadiennes* – actes du colloque tenu à la University of Victoria lors du Congrès des sociétés savantes en 1990.

415 – 151 Slater, Ottawa K1P 5H3
(613) 238-6112

**CONSEIL D'ADMINISTRATION
1992-1993 ASSOCIATION
CANADIENNE-FRANÇAISE POUR
L'AVANCEMENT DES SCIENCES**

André Boudreau (2^e vice-président),
langue et linguistique, adjoint au vice-recteur
aux ressources humaines, Université Laval

Alain Marc Couturier, étudiant,
administration scolaire, Université Laval

Gilles Y. Delisle (président sortant),
génie électrique, directeur général,
INRS-Télécommunications

Jean Doucet, chimie physique, directeur de
programme, Centre de recherche et de déve-
loppement Arvida, Alcan International Ltée

François Dubé, biologie cellulaire,
professeur-chercheur, Département
d'océanographie, Université du Québec
à Rimouski

Colette Dubuisson, linguistique, directrice,
GMRAPO, Université du Québec à Montréal

André Fauchon, géographie,
professeur, Faculté des arts et des sciences,
Collège universitaire de Saint-Boniface

J. André Fortin, biologie, directeur,
Institut de recherche en biologie végétale

Catherine Graham, étudiante, littérature
dramatique et théâtre, Université McGill

Michel Guindon, sciences comptables,
professeur, École des hautes études
commerciales

Brigitte Jaumard, mathématiques appliquées
et recherche opérationnelle, professeure-
chercheuse, Département de mathématiques
appliquées, École polytechnique de Montréal

François Labrousse, gestion et informatique,
Le Groupe C.G.I.

Maryste Lassonde (1^{re} vice-présidente),
neuropsychologie, professeure, Département
de psychologie, Université de Montréal

Pierre Yves Leduc (trésorier),
mathématiques, doyen, Faculté des sciences,
Université de Sherbrooke

Normand L. Marceau, biologie cellulaire
et moléculaire, chercheur, Centre
de recherche, Hôtel-Dieu de Québec

Raymond N. Morris, sociologie, professeur,
Département de sociologie, Collège univer-
sitaire de Glendon, Université York, Toronto

Henri Navert (président), médecine,
directeur médical, Phoenix International/
Sciences de la vie, Montréal

Édouard Potworowski, immunologie,
professeur, Institut Armand-Frappier, Laval

François Ricard, littérature française,
professeur, Département de langue
et littérature, Université McGill

Chantal Saint-Pierre, sciences infirmières,
directrice, Module des sciences de la santé,
Université du Québec à Hull

Françoise Braun (secrétaire),
anthropologie, directrice générale, Acfas

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

Le chaos, les ciseaux moléculaires, les biopesticides, les rétrovirus, les naines blanches, la neuromécanique, les empreintes génétiques...

Même s'il est parfois difficile de faire comprendre les avancées scientifiques et leurs enjeux, il est plus important que jamais de susciter une meilleure compréhension des rôles et impacts de la science et de la technologie dans notre société comme dans notre quotidien. La planification de la relève scientifique et technique, le développement socio-économique ainsi que le maintien de notre qualité de vie dépendent de **votre engagement** à diffuser et à communiquer la science et la technologie.

Société pour la
promotion de la
science et de
la technologie



454, Place
Jacques-Cartier
5^{ème} étage
Montréal (Québec)
H7Y 3B3
Tél.: (514) 873-1544
Fax: (514) 873-4204

La Société pour la promotion de la science et de la technologie est une corporation privée à but non lucratif qui a pour mission de favoriser la promotion de la culture scientifique et technique de la population en général, et plus particulièrement celle des jeunes. À ce titre, elle a notamment pour objectif de modifier les perceptions freinant l'intérêt des jeunes face aux carrières dans ces domaines. Elle entend, de plus, susciter la concertation des intervenants pouvant aider à la vulgarisation des contenus à caractère scientifique ou technique et à la mise en valeur des personnes oeuvrant dans ces milieux.

Parmi les principales réalisations à son actif, la Société organise la **Quinzaine des sciences** qui, en 1992, aura rejoint plus de 325,000 personnes via quelque 400 activités effectuées avec autant de

partenaires, et diffusé près d'un demi-million de pièces d'information auprès du public et dans tout le réseau scolaire québécois. Une visibilité exceptionnelle qui lui mérite la réputation de l'événement scientifique #1 au Québec.

La Société a également mis au point le **Parrainage scientifique**, un programme unique de jumelage permettant à des jeunes du secondaire et du collégial de vivre l'expérience d'une journée de travail dans un environnement scientifique ou technique. De plus, elle gère **Innovateurs à l'école** et **Chefs de files**, des programmes créés par Industrie Science et Technologie Canada afin de favoriser la venue de conférenciers dans les écoles. Elle collabore, de plus, à divers projets dont **Science, on tourne!**, un concours scientifique créé avec la Fédération des collèges, et **Omni-Science**, la série

télévisée de Radio-Québec pour laquelle elle distribue et vend les brochures pédagogiques.

Le financement de la Société provient à peu près à part égale du secteur privé et du secteur public. Au sein de ce dernier soulignons une contribution majeure du **Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science** et un soutien important du **Bureau fédéral de développement régional-Québec**. Ont également contribué le programme **Science & Culture d'Industrie et Science et Technologie Canada**, le **Ministère de l'Industrie du Commerce et de la Technologie du Québec** ainsi que la **Ville de Montréal**. La plupart des grandes entreprises comme **Bell**, **Hydro-Québec**, **Northern Telecom**, **Pratt & Whitney**, s'impliquent directement via des commandites aux projets.

Avec l'aide de partenaires comme vous, nous travaillons à mieux préparer l'avenir.



UNIVERSITÉ
LAVAL

UN PARTENAIRE

POUR VOTRE AVENIR

Programmes de maîtrise et de doctorat



Activité physique (sciences de l')	■ ▲
Administration (sciences de l')	● ■ ▲
Administration et politique scolaires	■ ▲
Aménagement du territoire et développement régional	■
Analyse des politiques	■
Anglais	■ ▲
Animation des groupes restreints	●
Anthropologie	■ ▲
Archéologie classique	■ ▲
Architecture	■
Arts et traditions populaires	■ ▲
Arts visuels	■
Biochimie (sciences)	■ ▲
Biologie	■ ▲
Biologie cellulaire et moléculaire (médecine)	■ ▲
Biologie végétale	■ ▲
Chimie	■ ▲
Communication publique	■
Dentisterie multidisciplinaire	●
Développement rural intégré	●
Didactique	● ■ ▲
Droit	■ ▲
Droit notarial	●
Économie rurale	■
Économique	■ ▲
Épidémiologie	■ ▲
Espagnol	■ ▲
Études anciennes	■ ▲
Français	■ ▲
Français, langue seconde	■
Génie chimique	■ ▲
Génie civil	■ ▲
Génie électrique	■ ▲
Génie industriel	●
Génie mécanique	■ ▲
Génie rural	■
Géographie	■ ▲
Géologie	■ ▲
Gérontologie	●
Histoire	■ ▲
Histoire de l'art	■

Informatique	■
Linguistique	■ ▲
Mathématiques	■ ▲
Médecine expérimentale	■ ▲
Mesure et évaluation	■ ▲
Microbiologie	■ ▲
Microbiologie agricole	■ ▲
Microbiologie-immunologie (médecine)	■ ▲
Mines et métallurgie	■ ▲
Muséologie	●
Musique	■ ▲
Neurobiologie	■ ▲
Nutrition	■ ▲
Pédagogie universitaire des sciences de la santé	■
Pharmacie	■ ▲
Pharmacie d'hôpital	■
Philosophie	■ ▲
Physiologie (endocrinologie)	■ ▲
Physique	■ ▲
Psychologie	■ ▲
Psychopédagogie	● ■ ▲
Relations industrielles	■ ▲
Relations internationales	■
Santé au travail	●
Santé communautaire	■
Science politique	■ ▲
Science 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	■ ▲
Statistique	■
Technologie de l'enseignement	■ ▲
Terminologie et traduction	■
Théologie	● ■ ▲
Zootecnie	■ ▲

Diplôme, 2^e cycle ● Maîtrise ■ Doctorat ▲

COUPON-RÉPONSE

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



INRS

LA FORCE DE LA SCIENCE

L'INRS, c'est la force de plus de 400 personnes impliquées dans la recherche de pointe.

L'INRS, c'est la force d'un réseau de sept centres de recherche orientés dans des domaines de haute priorité scientifique et technologique.

À Sainte-Foy :

- INRS-Eau
- INRS-Géoressources

À Montréal :

- INRS-Énergie et Matériaux
- INRS-Santé
- INRS-Télécommunications
- INRS-Urbanisation

À Rimouski :

- INRS-Océanologie

L'INRS, c'est aussi un partenaire dynamique qui favorise la multidisciplinarité des équipes de recherche et le développement d'ententes de collaboration afin d'apporter des réponses concrètes aux besoins de la société.

Renseignements

Téléphone : Québec (418) 654-2500



Université du Québec

**Institut national
de la recherche
scientifique**