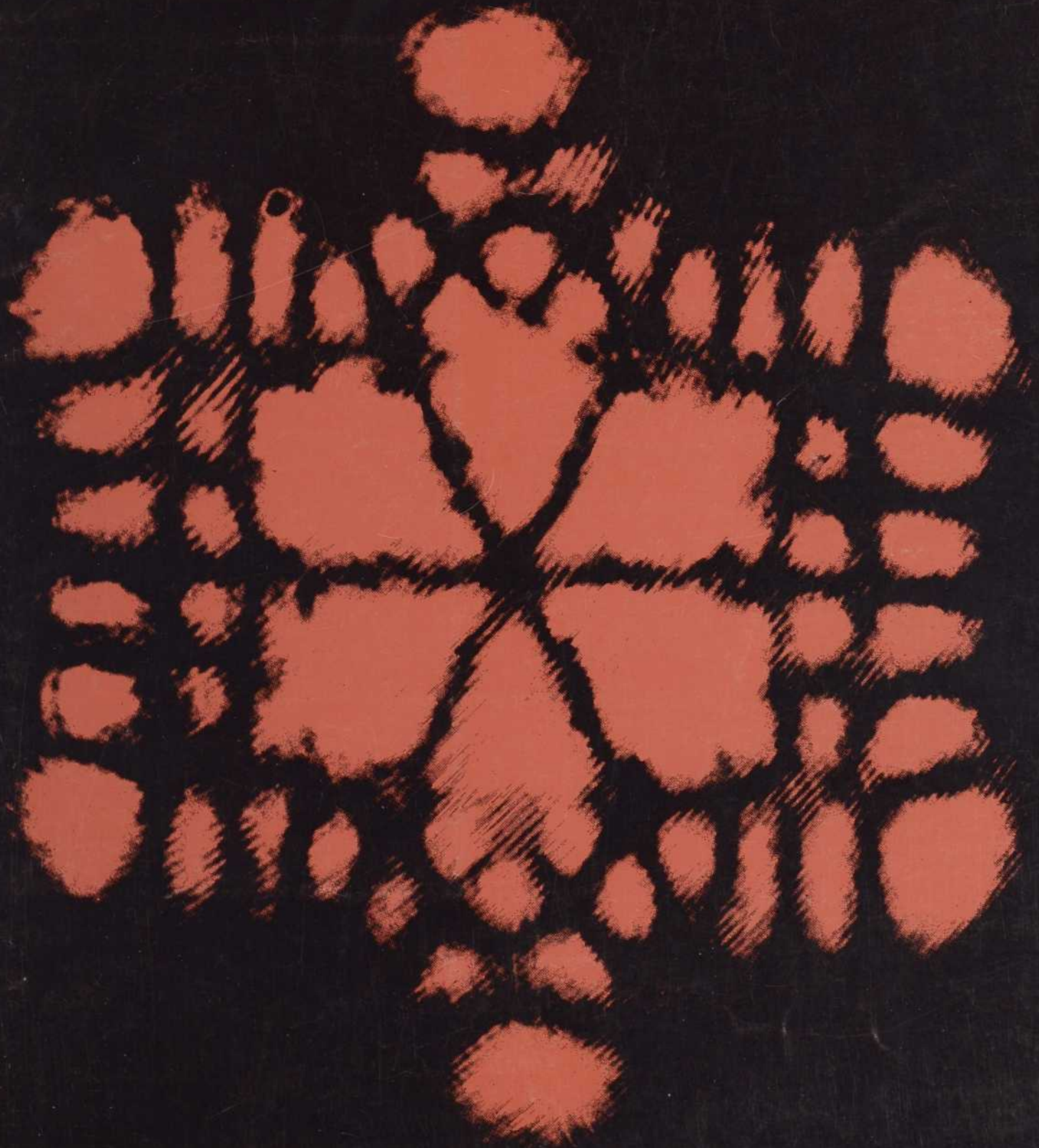


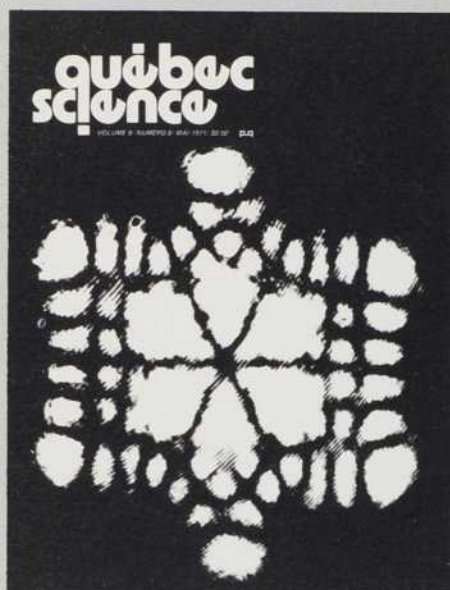
PER  
J-69

# québec science

VOLUME 9 / NUMÉRO 8 / MAI 1971 / \$0.50 puq

## LES NOUVEAUX LASERS





Cette photo qui évoque un vitrail moderne représente l'une des applications les plus inattendues du laser à gaz.

Éditions Larousse

SOMMAIRE	TEXTES	PAGES
<i>Éditorial: Homme ou robot?</i>	Jocelyne Dugas	1
<b>SCIENCES ET ACTUALITÉ</b>		
Une nouvelle génération de lasers <i>Visite au Centre de recherches pour la défense à Valcartier et rencontre avec l'inventeur du laser à pression atmosphérique.</i>	Jacques Guay	2 - 5
Les lasers de puissance en physique des plasmas <i>Une utilisation particulièrement importante de cette nouvelle source d'énergie lumineuse.</i>	Jacques Martineau	6 - 8
Le désert du Pérou <i>Dans cette région d'Amérique du Sud on rencontre toute une gamme de conditions climatiques et géologiques.</i>	Miroslav M. Grandtner	8 - 10
Les insectes entre eux: mutualisme et commensalisme <i>L'étude des différentes formes d'association chez les insectes est un des domaines les plus passionnants de l'entomologie.</i>	Bernard J.R. Philogène	11 - 12
<b>RUBRIQUES</b>		
A vous de jouer: L'obsession de Bernoulli	Jean-Marc Fleury Laurent Bilodeau	13
L'expérience du mois: Projet-vacances: mon laboratoire de biologie	Jean-Paul Boudreault	14 - 15
Le Labo: Péripéties d'une lutte: DDT vs bactéries	Jean-Claude Gauthier	16 - 17
Comment on devient — Comment devenir: Biomédecin	Ghislaine Rheault	18 - 19
Flash... Flash... Flash...	Marc Duvivier	20
Échec et Maths: Comptez sur vos doigts	Claude Boucher	21
Vous dites?		21
Voulez-vous lire?	Laurent Bilodeau Serge Fradette A.M. Duvivier Raymond Perrier	22
Index du Volume 9		23 - 24
Flashes-Jeunes	Marc Duvivier	C

Tous droits réservés 1971 — LES PRESSES DE L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC — Dépôt légal deuxième trimestre 1971 — Bibliothèque nationale du Québec — Imprimé au Canada

Revue mensuelle de promotion scientifique publiée par Les Presses de l'Université du Québec, en collaboration avec le ministère de l'Éducation et l'Association canadienne-française pour l'avancement des sciences (ACFAS). Québec Science est membre du Conseil de la jeunesse scientifique.

#### Rédaction

Directrice et rédactrice en chef  
**Jocelyne Dugas**  
Adjoint à la rédaction  
**Marc Duvivier**

**Réalisation graphique et composition typographique**  
couthuran, québec

#### Photogravure

gravel photographeur, inc.

#### Impression

les ateliers optima, inc.

Tous droits de reproduction et de traduction réservés par l'éditeur

Tout écrit publié dans la revue n'engage que la responsabilité du signataire

#### Administration

Québec Science, case postale 250, Sillery, Québec G. Tél.: 651-7220

#### Abonnements

Le volume annuel commence en octobre et se termine en mai, soit 8 numéros

Tarif individuel: \$3 (Canada); \$3.50 (étranger)

Tarif groupe-étudiants: \$2 (15 abonnements et plus à une même adresse)

Vente au numéro: \$0.50

Courrier de deuxième classe, enregistrement n°1052

#### Membres du comité d'orientation

Louis Berlinguet, vice-président à la recherche, Université du Québec

Michel Bertrand, professeur de biologie, collège Mont-Saint-Louis

Claude Boucher, professeur agrégé au Département de mathématiques, Université de Sherbrooke

Maurice Brossard, doyen aux études graduées et à la recherche, Université du Québec à Montréal

Roger Brunelle, agent de développement des sciences à l'élémentaire, ministère de l'Éducation

Pierre Couillard, professeur titulaire au Département des sciences biologiques, Université de Montréal

Jacques Desnoyers, professeur agrégé en chimie, Université de Sherbrooke

Guy Dufresne, directeur des projets spéciaux, Consolidated Bathurst

Alain Faucher, étudiant au collégial II, Collège de Lévis

André Fournier, responsable de l'enseignement des sciences au secondaire, Ministère de l'Éducation

Serge Fradette, étudiant en biochimie, Université de Montréal

Claude Frémont, directeur adjoint au Département de physique, Université Laval

Jacques Hébert, étudiant, CEGEP du Vieux-Montréal

G. Kaplan, professeur de biologie, Université d'Ottawa

Pierre Lamonde, économiste, Institut national de la recherche scientifique, Université du Québec

Paul Laurent, agent d'information, Service des relations publiques, Hydro-Québec

Gérald Marion, directeur du département de sciences économiques, Université de Montréal

Joaquin Miro, coordonnateur de chimie, CEGEP St-Laurent

Lise Nicole, professeur, département de biochimie, Université Laval

Gilles Papineau-Couture, directeur du contrôle de la qualité, Laboratoires Ayerst

Daniel Paquette, étudiant au secondaire, Collège Bourget, Rigaud

Guy Rocher, Département de sociologie, Université de Montréal

Guy Simard, étudiant, CEGEP du Vieux-Montréal

Pierre Tougas, coordonnateur de sciences, Commission des écoles catholiques de Montréal

Marielle Trudeau, étudiante au secondaire, École Stella Maris

# ou robot ?

par Jocelyne Dugas



# homme

Étudiants, scientifiques et techniciens de demain, quelle sorte de robots voulez-vous devenir? Vous avez l'embarras du choix.

Voici le visage de la société que vous allez bientôt contribuer à façonner: un univers mécanisé, automatisé, bureaucratisé, centralisé, où le profit et la concurrence font loi.

Cette voie dans laquelle nous sommes tous engagés présente les perspectives d'avenir suivantes: guerre thermonucléaire, saccage de la nature, déséquilibre psychologique généralisé. A l'horizon: guérilla urbaine, révolution violente. Autant de symptômes d'un environnement répressif, autant de signes précurseurs d'une dictature possible, d'un côté ou de l'autre de la barricade. Et ce phénomène est mondial.

Une seconde voie, la seule issue à cette impasse, c'est l'humanisation du système. Voilà où vous entrez en jeu. Vous pouvez devenir, comme groupe, le pivot d'une nouvelle civilisation dans laquelle l'homme ne sera plus l'esclave de la machine, mais où la machine, au contraire, contribuera à l'épanouissement intégral de l'homme.

A l'ère de l'ordinateur, qui dicte à l'homme sa conduite, vous allez appartenir à la classe la plus influente des travailleurs, puisque vous détiendrez les clefs du système de production complexe qui régit la société technologique.

A notre époque, connaissance égale pouvoir. Et ce pouvoir augmentera encore dans la société postindustrielle, dont les véritables centres de décision seront les universités et les centres de recherche.

Qu'allez-vous faire de cette puissance redoutable? Évidemment, vous pourriez continuer sur notre lancée. Garder le progrès technique comme première, comme unique valeur à la racine de vos actes. Découvrir, innover, pour produire davantage. Pour consommer davantage. Et recommencer le cycle, interminablement.

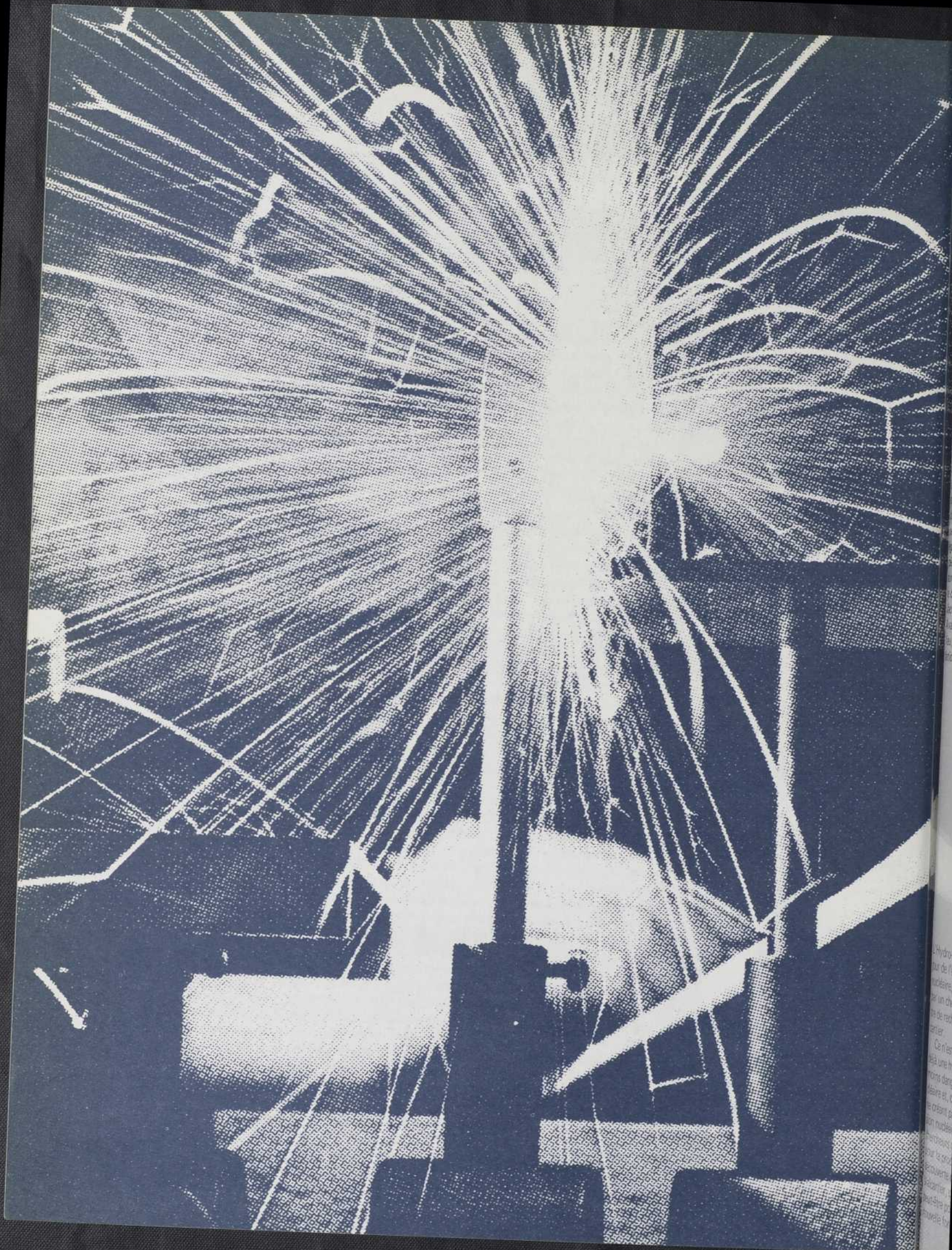
Mais la preuve en est faite. Même dans ce «meilleur des mondes» où l'homme a tout mais n'est rien, il n'est pas heureux. Parce qu'il n'est déjà plus un homme, et pas encore tout à fait un robot. Beaucoup de jeunes, ici et ailleurs — et même de moins jeunes — ont constaté ce fait. Car le problème se pose dans tous les pays industrialisés. Même un Québec maître de son destin n'y échapperait pas.

Il s'agit pour vous de faire progresser l'idée d'un *humanisme radical*, révolutionnaire, qui seul peut tous nous sauver. Il s'agit de placer l'homme au point de convergence de toutes les décisions politiques, économiques, sociales, culturelles. Il s'agit de transformer le monde.

Il s'agit de faire des choix. La vie plutôt que la mort. La lucidité plutôt que l'inconscience. La qualité plutôt que la quantité. L'activité plutôt que l'activisme. Le changement plutôt que l'immobilisme. L'amour plutôt que la cupidité. La réalité utopique plutôt que le désespoir. La créativité de groupe plutôt que la passivité de la «foule solitaire». Le progrès collectif plutôt que l'individualisme traditionnel.

Dans tout cela, que deviennent les sacro-saints principes de l'efficacité, de la rentabilité, du profit sans condition? Il est vrai que le *courage de vivre* se paie: par l'insécurité, par l'austérité. Mais que dire de l'*angoisse du vide* ressentie partout dans la société d'abondance?

Une poignée de scientifiques et de techniciens francophones peuvent-ils, en Amérique du Nord, faire échec au conditionnement de la société de consommation? Demander droit de regard sur l'utilisation de leurs découvertes? Orienter celles-ci vers des avenues capables d'ouvrir des horizons à l'homme, de lui créer un milieu physique et culturel convenable — bref de lui donner le goût de vivre? Je le crois. Car ils ne seront pas les seuls à penser de la sorte. Par-delà les différences de races et de langues, ils trouveront des «frères» disposés à agir avec eux. Mais avant de pouvoir vous affirmer ainsi, vous qui prendrez la relève, il vous faudra parcourir un long et périlleux chemin. Un chemin qui conduit à la liberté de devenir *soi-même*, tout en acceptant les autres. Un chemin qui débouche sur l'espoir, sur la vie. Un chemin qui passe par la technique, mais qui mène à l'homme.



par Jacq  
le Centre  
Volcan  
Il entre  
ce ne  
des ce  
seulement  
recouvre  
des app  
Les pour  
reuses G  
avant de  
la, l'ave  
tions de

Hydro-C  
out de l'  
nclaire,  
un che  
de rach  
rier  
Ce n'est  
une m  
dans  
aire et,  
ce drant p  
un nuclé  
mposés  
sur les co  
couverts  
l'air et  
l'air de

Au Centre de recherches de Valcartier

# une nouvelle génération de lasers

par Jacques Guay

*Le Centre de recherches pour la défense à Valcartier est connu pour les rapports qu'il entretient avec l'Armée. Mais, dans ce centre, situé à proximité de Québec, des centaines de chercheurs travaillent également sur des projets «civils» et les découvertes qu'ils font débouchent souvent sur des applications industrielles. Tel est le cas pour le laser TEA, dont le journaliste Jacques Guay a rencontré l'inventeur. Avant de bavarder avec M. Jacques Beaulieu, l'auteur de l'article a visité les installations du CRDV.*

**Laser à pression atmosphérique** ○ Le laser TEA est un laser à gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ) qui a comme première particularité de fonctionner à la pression atmosphérique, contrairement aux autres lasers à gaz qui nécessitent des basses pressions. Ce qui permet une excitation transversale des molécules, le phénomène de la conversion de population se produisant ensuite très rapidement.

Ce laser peut donc atteindre de très hautes valeurs de pointe et, comme il fonctionne au gaz, il peut donner un très grand nombre d'impulsions à la seconde, le gaz étant évidemment très facile à renouveler, donc à refroidir.

Les chercheurs croient qu'en se servant du laser TEA pour chauffer des cibles de deutérium solide, on pourrait produire de l'électricité. Il suffirait que le bilan énergétique du cycle complet soit positif, c'est-à-dire que le système produise plus d'énergie qu'il n'en a reçue. Quand on sait que le deutérium, ou hydrogène lourd, est obtenu à partir de l'eau lourde et que l'eau lourde est présente dans 1 partie d'eau de mer sur 2 000, on voit à quel point cette ressource est abondante et peu coûteuse. Et le seul déchet appréciable de la réaction serait l'hélium facilement récupérable.

On comprend immédiatement que la découverte du Dr Beaulieu, lorsqu'elle fut rendue publique en janvier 1970, ait été bien accueillie à l'Hydro-Québec et sans doute aussi à la Compagnie générale électrique (société française) qui, depuis des années, fait des recherches sur les lasers pour fins de production d'électricité.

L'Hydro-Québec produira peut-être un jour de l'électricité à partir de la fusion nucléaire, grâce à un laser mis au point par un chercheur canadien-français du Centre de recherches pour la défense à Valcartier.

Ce n'est pas de la science-fiction mais déjà une hypothèse de travail. Beaucoup moins dangereuse que la fission thermonucléaire et, contrairement à cette dernière, ne créant pas de déchets radioactifs, la fusion nucléaire est considérée par plusieurs chercheurs comme la solution de l'avenir pour la production de l'électricité. Et la découverte du laser TEA, au Centre de Valcartier, par M. Jacques Beaulieu, rendra peut-être possible l'utilisation de cette nouvelle forme d'énergie.

**Un personnel bilingue** ○ Cette invention spectaculaire, même si elle constitue l'aspect le plus sensationnel des recherches, ne doit pas faire oublier les autres travaux qui s'effectuent au CRDV.

Créé à la fin de la guerre pour expérimenter les armements, le Centre, qui couvre une superficie de 2 500 acres près de la base militaire de Valcartier, est le plus gros des sept centres du Conseil de la recherche pour la défense du Canada. Il emploie présentement environ 800 personnes, dont 310 techniciens (80% de langue française) et 140 scientifiques (francophones à 40%). Connu tout d'abord sous le nom de Centre canadien de recherches et perfectionnement des armes, le CRDV a pris en 1969 son nom actuel «afin, dit son rapport annuel, de donner une idée plus juste de ses activités».

Cette idée plus juste, l'adjoint aux plans et programmes du Centre, M. Paul Côté, a bien voulu la préciser pour les lecteurs de QUÉBEC SCIENCE. Bachelier en sciences de l'Université Laval et maître ès électronique de celle de Californie, M. Côté est à l'emploi du Centre depuis 1954 où il était d'abord entré comme technicien. Il souligne, avec un certain plaisir, qu'il n'y a en fait que 45 militaires dans le personnel du Centre et que presque tout le monde y est bilingue. «Bien que le français soit la langue de travail, tout le monde parle anglais quand c'est nécessaire», note-t-il.

Le Centre travaille en collaboration avec d'autres centres similaires aux États-Unis, en Grande-Bretagne, en Australie et «au Canada anglais» et de nombreuses réunions y regroupent des chercheurs de ces différents pays.

Si les rapports scientifiques sont habituellement rédigés en anglais lorsqu'ils ne sont pas destinés à des organismes purement québécois, ils sont toujours résumés dans les deux langues. De même que le rapport annuel. Mais si la connaissance de l'anglais est nécessaire, la majorité des scientifiques sont diplômés d'universités québécoises.

**15 brevets par an** ○ Ceci expliqué, M. Côté souligne que c'est au Centre de Valcartier qu'ont eu lieu, dans les années 60, les essais de laboratoire sur la stabilité de la capsule Apollo et de sa tour d'échappement, le dispositif qui permettrait aux astronautes d'avoir la vie sauve si la fusée était défectueuse dans les premières minutes du lancement. «Nous avons ici, affirme-t-il avec fierté, un des meilleurs couloirs de lancement d'Amérique du Nord. Les maquettes peuvent y atteindre des vitesses de 11 000 milles à l'heure.»

Le Centre a aussi réalisé la fusée Black Brent, présentement fabriquée par la compagnie Bristol, et qui s'avère un excellent instrument pour la recherche atmosphérique. Le CRDV est évidemment équipé d'un banc d'essais statique pour les moteurs de fusée. Et on y fait aussi de la recherche sur les moteurs à propergol solide. Il est également doté d'une chambre d'espace pouvant recréer le vide.

Obtenant entre 10 et 15 brevets d'invention par année, le Centre distribue annuellement quelque 200 subventions d'une valeur moyenne de \$6 600 chacune. Des universités québécoises sont ainsi associées à ses travaux sous forme de sous-contrats.

**Jouet dangereux** ○ Le Centre aide aussi des organismes étrangers à la défense proprement dite en leur fournissant une aide technique. M. Côté nous énumère une série d'exemples dont certains paraissent insolites.

Ainsi, il a mis au point pour Radio-Canada une caméra pouvant filmer les évolutions des skieurs. Pour la Sûreté du Québec, il a élucidé un cas de mort où l'on hésitait entre le suicide et le meurtre et a fait l'analyse d'un lance-fusée jouet qui semblait dangereux. Il a effectué pour les Richesses naturelles des relevés à l'infrarouge au lac Aylmer où se produisaient des fuites d'eau. A la demande du ministère canadien de la Justice, il a examiné les prétentions d'un citoyen qui affirmait que le «bang» d'un avion supersonique l'avait précipité à bas de sa moto. Il a aidé l'Hôpital Laval à aménager un transmetteur d'informations permettant à des hôpitaux éloignés de lui faire parvenir des électrocardiogrammes.

Enfin, par l'entremise du ministère fédéral de l'Industrie, il vient en aide aux industries canadiennes à qui il cède l'utilisation de ses brevets d'invention.

CRDV



Au pied des Laurentides, à 15 milles au nord-ouest de Québec, le CRDV occupe une superficie de 2 500 acres.

**La physique de l'état solide** ○ Mais revenons au projet Lotion. Lotion? Oui, c'était le nom de code du laser TEA avant qu'il soit rendu public. Je ne sais si le surnom lui vient d'un jeu de mots à partir de *tea*, cette lotion bien appréciée des Anglais. Mais ici TEA signifie *Transversaly Atmospheric*, ce laser CO<sup>2</sup> étant, on s'en souvient, à excitation transversale et à pression atmosphérique.

Son père, M. Jacques Beaulieu, est bachelier de McGill et docteur de l'Université de Londres. Il est lui aussi à l'emploi du Centre depuis 1954. Au début, il a travaillé sur les radars et les têtes chercheuses de missile avant de s'intégrer à la spectroscopie des micro-ondes et finalement aux lasers en 1965. C'est cependant en 1962 qu'il décide de parfaire ses connaissances en physique de l'état solide à Londres.

En 1966, avec un groupe de travail qu'il venait de former, il entreprend d'étudier les lasers à gaz et, en 1967, il commence à assembler un laser à gaz à hautes puissances. L'année suivante il fait ses premiers essais sur les lasers à haute pression atmosphérique qui devaient conduire au laser TEA.

Présentement, il explore les limites techniques de son invention qui, théoriquement, devrait pouvoir émettre jusqu'à 10 000 impulsions-seconde et développer une puissance de 10 mégawatts, mais il se contente pour l'instant de travailler sur un prototype fonctionnant au rythme d'une impulsion-seconde.

**Un nouvel instrument: le ladar** ○ M. Beaulieu souligne également qu'un des avantages du laser au CO<sup>2</sup> pour fins militaires, c'est qu'il émet un faisceau non visible à cause de la longueur d'ondes de ce gaz. Au surplus ce faisceau est très étroit. Quand on songe que le CO<sup>2</sup> a une très bonne fenêtre atmosphérique, qu'il réussit à percer à peu près tout, y compris le brouillard, on entrevoit immédiatement son utilisation dans les radars. C'est pourquoi on étudie présentement le laser TEA en fonction du ladar (laser-radar), un instrument qui serait beaucoup plus précis que le radar conventionnel et dont les avantages dépasseraient les seules fins militaires. L'aviation civile, entre autres, trouverait dans le ladar un allié précieux à l'heure du Jumbo et du Concorde.

M. Beaulieu, lui, est particulièrement intéressé par l'utilisation possible de son laser pour la fabrication d'électricité.

Il note également que ce type de laser est beaucoup plus économique que les lasers solides ou même gazeux à basses pressions. Il en coûterait selon lui près d'un million pour construire un laser à rubis de 8 centimètres de diamètre, d'un mètre de long et qui nécessiterait 50 tonnes de verre parfait pour abriter le faisceau. «On envisage la construction, à un coût fortement réduit, d'un laser TEA d'un mètre de diamètre par 10 mètres de long.»

Mais pour fabriquer un tel instrument, cela prendrait selon lui entre 3 et 5 ans. Et le Canada n'est déjà plus seul dans la course. Aux États-Unis seulement, M. Beaulieu évalue à 150 le nombre de laboratoires qui, sans obtenir les brevets, se sont mis à construire des lasers TEA.



Le laser TEA.



Le Dr Jacques Beaulieu expérimentant «son» laser.

**Applications industrielles** ○ C'est d'ailleurs à l'Université Laval que j'ai pu voir des lasers TEA. Mais il ne s'agit pas là d'espionnage industriel. Le responsable, M. Réal Tremblay, a servi comme consultant au projet Lotion alors qu'il était secret et, depuis sa divulgation, le Département de physique de l'Université Laval est associé aux recherches du Centre de Valcartier.

Dans le domaine des lasers, comme dans plusieurs autres, l'Université Laval est en avance sur les autres universités québécoises. Trois directeurs de recherches, 4 assistants au niveau postdoctoral et 15 étudiants gradués expérimentent d'ores et déjà les lasers. Le Département envisage de «produire» dès la fin de cette année ses premiers spécialistes en lasers.

Très intéressé par le laser TEA, et pour cause, M. Tremblay prévoit, entre autres, son utilisation pour le micro-usinage. La part du scientifique, affirme-t-il avec modestie, ne représente qu'environ 15 pour cent de l'effort fourni pour mettre une invention sur le marché. Selon lui, le plus gros du travail consisterait à trouver une utilisation pratique pouvant donner lieu à une production vraiment industrielle. Ce qui demande beaucoup de recherches appliquées.

M. Tremblay rappelle que le premier laser à rubis a reçu une application industrielle plus d'un an et demi après sa découverte, et encore qu'il ne s'agissait que de prototypes pour équiper des laboratoires. Ce n'est que sept ans après l'arrivée des premiers lasers qu'on a produit le YAG, un laser qui sert actuellement au micro-usinage.

**Micro-usinage «sans bavures»** ○ Ainsi, si l'on peut imaginer que les fabricants de lasers pourront être appelés, un jour, à équiper de gigantesques centrales hydro-électriques à fusion nucléaire (dont la grandeur ne serait pas comparable à celles qui existent déjà, tant elles seraient énormes), c'est beaucoup plus humblement que les détenteurs du brevet commenceront par faire la mise en marché du laser TEA dont les utilisations industrielles restent à établir.

Dans un premier temps, il s'agira de fabriquer des prototypes pouvant servir à la recherche appliquée. Ainsi, par exemple, si l'Hydro-Québec décidait d'expérimenter ses propriétés comme agent de fusion nucléaire dans le but de produire de l'électricité.

Le laser TEA, que M. Tremblay n'hésite pas à qualifier de nouvelle génération de lasers, pourrait donc être utilisé pour chauffer des plasmas denses comme le deutérium.

Mais il aurait aussi, selon lui, une vocation toute trouvée dans la vaporisation du métal. Comme il est capable d'atteindre des valeurs de pointe très élevées, il peut, au lieu de fondre le métal, le faire passer immédiatement à l'état gazeux. Cette propriété permettrait d'effectuer du micro-usinage avec une netteté inconnue jusqu'à présent, sans aucune bavure (le terme est évidemment fort puisqu'il s'agit de phénomènes presque invisibles), contrairement au procédé classique de fusion. Il pourrait être aussi utilisé pour travailler les métaux précieux.

Le laser TEA existe. Mais, comme l'explique M. Tremblay, 85 à 90 pour cent du travail reste à faire. Les expériences se poursuivent donc pour lui trouver de nombreuses applications industrielles.

**Laser des cavernes** ○ A Valcartier comme à l'Université Laval, on continuera à vérifier ses possibilités, à le modifier, à étudier ses limites théoriques tandis que d'autres chercheurs essaient de découvrir le plus grand nombre possible d'applications.

Comme nous le disions plus haut, peut-être servira-t-il un jour, après avoir subi de nombreuses métamorphoses, à produire de l'électricité.

Entre-temps, une autre génération de lasers lui aura donné des airs de «laser des cavernes». Ainsi va la science: les plus belles machines prennent rapidement le chemin des musées après avoir contribué à l'essor de notre civilisation. C'est pourquoi toute découverte est importante et ne saurait être effacée par celle qui prend sa place puisqu'elle l'a engendrée. ○

#### LE LASER, INDUSTRIE QUÉBÉCOISE?

La découverte de Valcartier donnera-t-elle naissance à une industrie du laser dans la région de Québec? Sans doute, puisque la compagnie Gentec, de Québec, vient d'obtenir, en même temps que la société Lumonix d'Ottawa, le brevet d'invention du laser TEA.

Gentec, qui possède d'importants marchés aux États-Unis, devrait être en mesure de commercialiser ce type de laser dès que des applications industrielles auront été découvertes. Le miroir, pièce essentielle au fonctionnement de l'appareil mais délicate à mettre au point, sera également produit sur place. Fanny Industries, entreprise fixée à Québec, en a déjà «sorti» plusieurs prototypes qui ont fait l'admiration des chercheurs de Laval et de Valcartier.

DIFFÉRENTS TYPES DE PLASMAS EXISTANTS

Nature du milieu	Densité électrons /cm <sup>3</sup>	Température électronique °K
Faisceau d'électron	$10^8$	-----
Ionosphère	$10^6$	2 000°K
Décharges gazeuses	$10^{11}$	30 000°K
Plasmas de rentrée d'engins	$10^{13}$	6 000°K
Plasma de fusion «voie lente»	$10^{15}$	-----
Plasma de fusion «voie rapide»	$10^{21}$	-----
Electrons dans les métaux	$10^{23}$	300°K
Intérieur des étoiles	$10^{27}$	$3.10^7$ °K
Intérieur des naines Blanches	$10^{25}$	$10^7$ °K

## les lasers de puissance en physique des plasmas

par Jacques Martineau

*Les recherches sur le laser connaissent, depuis quelques années, un développement spectaculaire, comme le prouvent les récentes découvertes effectuées à Valcartier. Les possibilités d'utilisation de cette nouvelle source d'énergie lumineuse sont pratiquement illimitées. L'auteur a choisi de se cantonner à un seul champ d'application (la physique des plasmas) mais de l'étudier à fond, en se référant aux travaux entrepris par des équipes d'experts dans le monde entier.*

La réalisation de lasers de puissance a ouvert de nouvelles possibilités de recherches dans la physique des plasmas. Les pères du laser n'avaient pas prévu, pour cette nouvelle source d'énergie, une expansion aussi rapide. Depuis 1961, de très nombreuses variétés de lasers se sont développées. Ces lasers fonctionnent selon le principe de l'émission stimulée.

Les transitions atomiques et moléculaires donnent lieu à l'effet laser. On obtient ainsi, dans le visible ou dans l'infrarouge, une source d'énergie lumineuse que l'on peut utiliser dans certains cas de façon continue ou pulsée. Le laser déclenché, dit à impulsion géante, imaginé par Hellwarth en 1962 est à l'origine des lasers de plus en plus puissants employés en physique des plasmas.

Seuls, le laser à rubis qui émet un rayonnement de longueur d'onde de 0,69  $\mu\text{m}$  et le laser au verre dopé au néodyme, qui émet dans l'infrarouge avec une longueur d'onde de 1,06  $\mu\text{m}$ , ont des flux supérieurs au gigawatt ( $10^9$  watt). Le développement récent des lasers moléculaires CO<sub>2</sub> laisse espérer dans un proche avenir des résultats spectaculaires à 10,6  $\mu\text{m}$ .

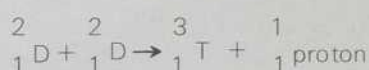
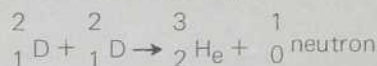
**Dix millions de degrés** ○ Un plasma est un milieu gazeux ionisé qui peut comporter différentes espèces de particules. Dans le cas d'un plasma homogène complètement ionisé, le milieu est composé exclusivement d'électrons et ions. Les plasmas sont classés en fonction de leurs caractéristiques propres (densité des particules chargées, température).

En concentrant l'énergie d'un faisceau laser sur une petite quantité de matière solide, on peut obtenir des plasmas denses (densité électronique voisine de la densité du solide) et chauds (température électronique de l'ordre de 10 millions de degrés).

La durée de vie de ce type bien particulier de plasma est très courte, puisqu'elle ne dépasse pas quelques dizaines de nanosecondes ( $10^{-9}$  secondes). L'existence éphémère du plasma est principalement liée à la durée de l'impulsion laser. Le plasma ainsi chauffé se détend dans le vide à la manière d'un gaz. La vitesse d'expansion peut atteindre plusieurs dizaines de kilomètres par seconde. Il est important de connaître durant l'interaction les caractéristiques du plasma ainsi créé.

Le laser est aussi employé comme moyen de diagnostic pour mesurer la densité du plasma: lorsque le plasma est créé par un laser A, il faut que la durée de l'impulsion du laser B utilisé comme appareil de mesure soit très inférieure à la durée de vie du plasma. Ce type de diagnostic s'appelle interférométrie. À l'aide d'une caméra rapide on peut suivre dans le temps l'évolution du plasma en fonction de l'impulsion laser. La température du plasma est déduite à partir de mesures du rayonnement X émis par celui-ci.

**Voie lente, voie rapide** ○ Au départ, l'ambition est très grande. L'application du chauffage par laser d'un plasma de deutérium (isotope de l'hydrogène) ouvre des perspectives encourageantes dans le domaine de la fusion thermonucléaire. Le problème est de savoir si l'on dispose d'un laser assez puissant pour porter le plasma créé à la température de plusieurs millions de degrés et si l'on peut engendrer des réactions de fusion du type:



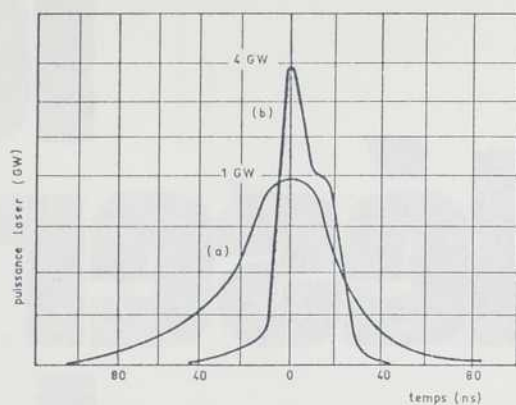
Ces réactions se produisent en libérant une énergie importante: 3,27 et 4,03 Megaélectron-volt respectivement.

Pour obtenir un bilan positif, c'est-à-dire pour que le système plasma produise plus d'énergie qu'il n'en reçoit de la source, un certain nombre de conditions doivent être remplies. En particulier il faut être capable de garder le plasma à une température et à une densité très élevées pendant un certain temps.

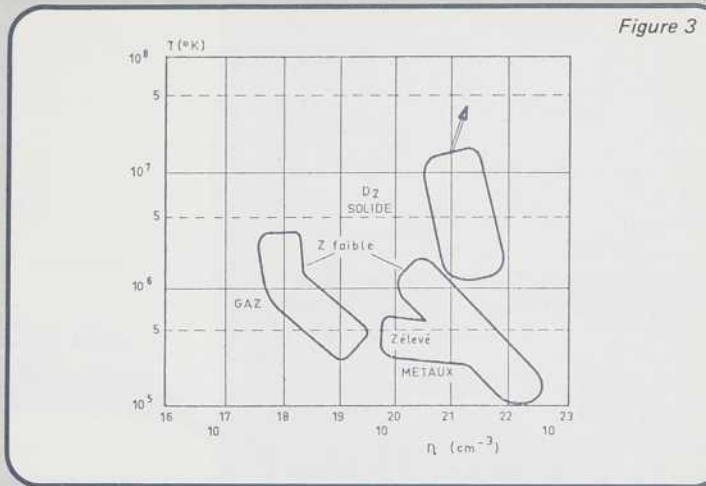
Selon le critère de Lawson, le produit de la densité par le temps de confinement doit être supérieur à  $10^{16} \text{ s} \cdot \text{cm}^{-3}$ . Dans le domaine de fusion, les déceptions sont nombreuses. Il s'agit donc d'être prudent. D'après les conditions de Post (température électronique de l'ordre de 400 millions de degrés) et le critère de Lawson, deux voies s'offrent. L'une est qualifiée de «lente». La densité est faible, la température du plasma doit être maintenue élevée durant plusieurs dizaines de microsecondes. Le plasma est contenu dans une bouteille magnétique. La mise en oeuvre de l'expérience nécessite une technologie importante. La plus récente machine «lente» à basse densité qui attire l'attention a été inventée en URSS sous le nom de *tokamak*. L'autre voie, appelée «rapide» par les spécialistes, utilise comme source d'énergie des lasers déclenchés très puissants. Dans ce cas, la densité voisine de  $10^{21}$  électrons par  $\text{cm}^3$  et l'interaction dure quelques dizaines de nanosecondes.

FORME DE L'IMPULSION LASER

Figure 2



L'impulsion (a) est inchangée. C'est avec l'impulsion (b) à temps de montée très rapide que les premières réactions de fusion ont été observées à Limeil.



$n_i$  représente le nombre d'ions par centimètre cube. La flèche indique le sens dans lequel se déplaceront les caractéristiques du plasma avec la prochaine génération des lasers de puissance.

**La présence des neutrons** ○ Comme on le voit, les problèmes concernant la fusion thermonucléaire peuvent être abordés de deux façons. Dans la voie rapide, les lasers représentent la source indispensable. A noter que des lasers moins puissants peuvent être utilisés pour injecter des plasmas purs à l'intérieur de machines lentes. Nous nous intéresserons exclusivement, ici, à l'approche rapide du problème.

La preuve qu'il existe un bilan positif a été apportée par la détection de neutrons libérés lors de réactions du type précité. Jusqu'à présent, seulement trois laboratoires dans le monde l'un à l'Institut Lebedev (Moscou, 1968), l'autre au Centre d'études de Limeil (CEA Paris, 1969), le troisième à l'Université de Rochester (États-Unis), ont mis en évidence la présence de neutrons. Dans les premières expériences, par ailleurs très différentes l'une de l'autre, un puissant faisceau laser frappe une cible solide de deutérium. Une émission neutronique est alors observée: ceci constitue une première étape importante.

L'équipe de N.G. Basov à Moscou utilise un laser très puissant ( $10^{12}$  watt) d'une durée de quelques millièmes de nanoseconde. Par conséquent, l'énergie communiquée à la cible est relativement faible. Au centre d'études de Limeil, au contraire, J.L. Bobin et son équipe emploient des lasers moins puissants ( $10^9$  watt) mais avec des durées plus importantes, allant de plusieurs nanosecondes à quelques dizaines de nanosecondes, soit une durée d'interaction jusqu'à 10 000 fois plus longue qu'à l'Institut Lebedev.

**L'expérience de Limeil** ○ A Limeil, en 1969, M. Floux et son groupe, chargés de cette expérience, obtinrent des résultats très spectaculaires. Voici en quelques mots en quoi consiste cet essai.

Le laser est un verre dopé au néodyme qui émet dans l'infra-rouge un rayonnement de  $1,06 \mu\text{m}$  de longueur d'onde. Il a une énergie d'environ 40 joules qu'il peut délivrer entre 20 et 50 nanosecondes. Le temps de montée du laser, c'est-à-dire le temps au bout duquel la puissance délivrée est égale à 90 pour cent de la puissance maximum, peut être très court, de l'ordre de 4 à 5 nanosecondes. C'est d'ailleurs avec un temps de montée rapide que l'on obtient des résultats satisfaisants. La façon de délivrer l'énergie à la cible est déterminante quant à l'apparition des neutrons.

Le bâtonnet de deutérium (plusieurs millimètres de long, un millimètre de diamètre) est créé à partir d'un cryostat (appareil utilisé pour maintenir des températures basses et constantes à l'aide d'un gaz liquéfié). Ce cryostat comprend deux enceintes concentriques, l'une remplie d'azote liquide ( $78^\circ \text{K}$ ) pour refroidir l'ensemble de l'appareil, l'autre renfermant de l'hélium liquide ( $4^\circ \text{K}$ ). A l'intérieur, une filière donne la forme désirée au gaz de deutérium qui s'est condensé. Le tout est placé dans une chambre à vide. Le glaçon de deutérium se place au foyer d'une lentille qui concentre le faisceau laser. L'optique d'un tel système est très étudiée et permet d'obtenir un flux intense de photons, à l'intérieur d'une tache focale de  $30 \mu\text{m}$ . Les principales mesures effectuées donnent des renseignements sur la densité, la vitesse (interférométrie, caméra rapide) et la température (rayons X). Un système de détection très complet permet de recueillir des signaux neutroniques. Le nombre total des neutrons par tir varie entre  $10^3$  et  $10^4$ . Il est nécessaire de mettre au point un grand nombre de contre-mesures délicates afin d'éliminer le moindre doute.

**Granule de deutérium irradié** ○ Une autre expérience développée dans certains laboratoires (Hartford aux États-Unis, Limeil en France, Frascati en Italie), met en jeu un nombre plus restreint de particules. Il s'agit de l'irradiation d'un petit granule sphérique de deutérium de l'ordre du dixième de millimètre de rayon, à l'aide d'un laser déclenché.

L'expansion du plasma ainsi créé n'est pas libre, celui-ci étant confiné magnétiquement. La densité du plasma est plus basse que dans l'expérience laser cible-solide précédente où le confinement est inertiel (masse de la cible). On est capable de réaliser des champs magnétiques intenses très puissants (supérieurs au mégagauss) pendant des temps supérieurs à la durée de l'impulsion laser (quelques dizaines de nanosecondes). Ce champ magnétique est créé par l'implosion d'un cylindre conducteur (effet CNARE). Une réalisation technique de haute précision est nécessaire afin d'obtenir une parfaite synchronisation entre le champ magnétique, l'injection du granule au foyer de la lentille de focalisation et le déclenchement du tir laser. Ce type d'expérience exige les mêmes sortes de lasers que précédemment. Néanmoins, la dynamique des impulsions lasers doit être différente. La loi qui régit l'absorption des photons dans la matière montre que le libre parcours moyen des photons varie, au cours de l'interaction, du simple micromètre à plusieurs kilomètres. La densité plus faible ( $10^{19}$  électrons par centimètre cube) permet d'utiliser des lasers dont la durée d'impulsion est plus longue. Ces expériences font partie de ce que l'on a qualifié d'approche «rapide» ou «dynamique».

**Cible solide ou gazeuse** ○ On sait, depuis quelque temps déjà, que le développement des lasers CO<sub>2</sub> de 10,6 μm de longueur d'onde a suscité un intérêt de tout premier plan pour les expériences laser-plasmas confinés magnétiquement. On peut obtenir des températures équivalentes avec un laser CO<sub>2</sub> vingt fois moins puissant qu'un laser au verre dopé au néodyme. La longueur d'onde du laser CO<sub>2</sub> est particulièrement adaptée au chauffage de plasmas ayant des densités voisines de 10<sup>19</sup> électrons par centimètre cube. On peut espérer des conditions expérimentales moins délicates avec des champs magnétiques appliqués réalisables en laboratoire.

Il ne faut pas oublier, en conclusion, que le mouvement (hydrodynamique du plasma) est gouverné par la forme de l'impulsion laser. A chaque type d'expérience doit correspondre un type de laser bien particulier utilisé pour ses propriétés et ses caractéristiques. Une adaptation est absolument indispensable, en fonction du type de cible considérée, gazeuse ou solide (massive ou granulée).

La mise en forme préalable de l'impulsion laser et surtout de son front de montée doit permettre d'obtenir de nouveaux résultats spectaculaires. Le rendement du laser est actuellement très faible (quelques unités pour mille), ce qui ne le met pas encore en concurrence avec le prix «joule» des machines lentes. Mais la prochaine génération de lasers de puissance 10<sup>12</sup> watt utilisés convenablement, nous autorise à rester résolument optimistes: cette nouvelle source d'énergie présente un intérêt scientifique de tout premier plan.

Même si l'on ne partage pas tout à fait l'enthousiasme de certains, on peut considérer les lasers comme le moyen potentiel de parvenir à la fusion thermonucléaire contrôlée.

A Ottawa, au Conseil national de recherches, une équipe effectue d'intéressants travaux dans le domaine de l'interaction laser-cible gazeuse. Au Québec, en plus du Centre de recherches pour la défense, à Valcartier, où des lasers moléculaires CO<sub>2</sub> à pression atmosphérique sont étudiés, deux laboratoires se sont orientés dans cette voie. L'un, le Centre de l'énergie de l'Université du Québec (CREN), possède un groupe spécialisé dans l'interaction laser CO<sub>2</sub>-cibles solides; l'autre, le Département des sciences de bases de l'Institut de recherche de l'Hydro-Québec, étudie un projet d'interaction laser CO<sub>2</sub>-plasma confiné par un champ magnétique extérieur. ○

*L'auteur, professeur au Centre de l'énergie de l'Université du Québec (CREN), a travaillé pendant trois ans comme ingénieur au Commissariat à l'énergie atomique (Limeil, France).*

# le désert du Pérou

par Miroslav M. Grandtner

*Lorsqu'on évoque les principaux déserts du monde, les immenses étendues africaines ou asiatiques viennent aussitôt à l'esprit. Or, l'Amérique du Sud possède, elle aussi, l'une des plus considérables et des plus arides régions désertiques: 2 000 milles de long sur la côte du Pacifique, depuis le nord du Pérou jusqu'à Santiago, la capitale du Chili et 125 000 milles carrés de superficie. Comment une telle formation a-t-elle pu naître sous ces latitudes? L'auteur de cet article l'explique.*

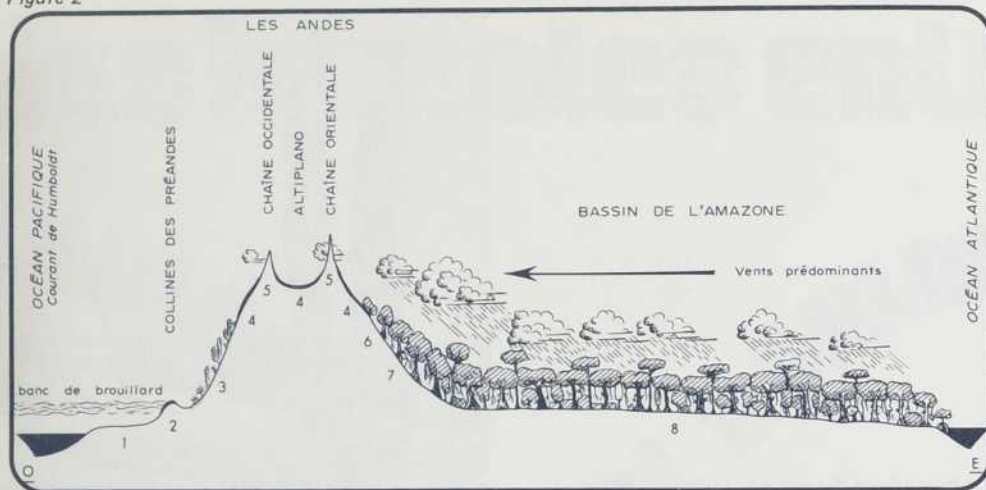
Figure 1



Le Pérou est situé entre l'Océan Pacifique et l'Amazonie, dans la moitié nord-ouest de l'Amérique du Sud (figure 1). Il subit, de par sa situation géographique, deux influences climatiques majeures: l'action, desséchante, du courant de Humboldt et celle des masses d'air humide et chaud venant de l'Atlantique (figure 2).

A l'est, les vents chargés d'humidité s'élèvent le long des versants de la chaîne orientale des Andes et se refroidissent progressivement. L'humidité dont ils sont porteurs se condense et retombe en pluies. Mais ces pluies, très abondantes et violentes au-dessus de la forêt amazonienne, perdent progressivement de leur intensité et, sur l'*altiplano*, elles ne permettent plus que la croissance d'une maigre végétation herbacée.

Figure 2



Coupe schématique montrant les influences climatiques majeures régissant la répartition des principales formations végétales du Pérou. 1. Désert; 2. loma; 3. semi-désert; 4. puna; 5. étage nival; 6. forêt rabougrie; 7. forêt de brouillard; 8. forêt pluviale. Inspirée de Bates (1965).

Figure 3



Des dunes de sable mobile se forment sur les flancs et la crête de cette chaîne de montagnes au point de la recouvrir presque totalement. Au milieu, à droite, une barkhane à demi cachée.

**Première pluie en 1963** ○ La situation est complètement différente sur le versant occidental de la Cordillère. L'air chaud, en provenance du Pacifique, rencontre, au large, le courant froid de Humboldt. Au contact de ce courant, l'air se refroidit et s'assèche, laissant tomber ses précipitations avant d'atteindre le continent. Tout au plus peut-on observer, à certaines époques de l'année, la formation d'un banc de brouillard qui, poussé par le vent, atteint les premières collines des Pré-Andes, permettant à une végétation éphémère de s'épanouir.

Cette situation se traduit donc par une absence presque totale de précipitations le long du littoral. Selon Bates, dans certaines régions côtières, les premières pluies, de mémoire d'homme, seraient tombées en 1963. La température, par contre, reste élevée: entre 54° et 75° F en moyenne avec des maxima absolus supérieurs à 120° F. La radiation intense sous un ciel sans nuages ajoute encore aux difficultés de survie car la sécheresse continue de l'atmosphère accentue, chez les plantes, l'obligation de transpirer. De leur côté, les sols très secs et, souvent, très salés, augmentent encore la sécheresse du milieu.

Bref, entre l'impossibilité de survivre et une adaptation plus ou moins poussée à la sécheresse, la côte péruvienne présente une gamme de conditions très difficiles pour la vie végétale. C'est en fonction même de ces difficultés que l'on peut classer les formations désertiques de cette région en trois catégories: 1) le désert proprement dit, 2) le semi-désert, 3) le maquis subdésertique.

**Quatre types de désert** ○ Le mot «désert» désigne ici quatre formations distinctes de Tosi (1960): le désert subtropical, le désert tropical, le désert de basse montagne et le désert de haute montagne. Chacune de ces formations se caractérise par des conditions climatiques extrêmes et une absence presque totale de végétation. Réunies, elles couvrent près de 35 000 milles carrés dont près de 30 000 sont occupés par le désert subtropical. Celui-ci constitue en outre la formation typique de la zone côtière, depuis la limite nord du Pérou jusqu'à la frontière du Chili. Les précipitations y sont d'environ 1 pouce par année et la température la plus basse est supérieure à 64° F.

Le désert subtropical s'étend sur des structures géologiques diverses qui ont donné naissance à des régions physiographiques fort distinctes mais dont le point commun est la sécheresse extrême. Comme dans la majeure partie de cette zone n'existe aucune plante, le véritable sol y est pratiquement absent. Au plus, la roche exposée se désintègre lentement sous l'effet des seuls facteurs physiques. La matière organique, habituellement fournie par les plantes et les animaux, est ici inexistante.

Un des facteurs prédominants de la fragmentation, de l'accumulation et de l'érosion des particules minérales est le vent. Il exerce une action sélective sur les particules libres de la surface, soulevant et transportant les plus fines d'entre elles loin de la mer. Là, elles s'accumulent pour former des plans inclinés et des dunes de différents types et de dimensions variées (figure 3). Les plus spectaculaires d'entre elles, les *barkhanes*, ressemblent à des croissants et sont orientées perpendiculairement à la direction du vent. A l'encontre de l'érosion fluviale qui transporte des matériaux vers la mer, sous l'effet du vent les particules se déplacent vers l'intérieur du continent créant, là où il n'y a pas de rivières, des conditions désertiques absolues.

**L'humidité atmosphérique** ○ La végétation existe seulement aux endroits pourvus en eau, que celle-ci soit souterraine ou atmosphérique. La première, de loin la plus importante, est apportée par les rivières qui naissent des glaciers du versant occidental des Andes. Dans des vallées fertiles, elle rend possible la culture de la canne à sucre, du maïs, des bananiers, des citronniers, des papayers, etc. (figure 4).

Quant à l'humidité atmosphérique, son effet est double. D'une part, elle permet la croissance de certains végétaux tels les *Tillandsia spp.*, plantes sans racines qui se comportent comme «épiphytes» du substrat minéral qu'elles utilisent comme support. D'autre part, la nébulosité élevée diminue le rayonnement solaire et la température, ce qui réduit, en particulier, la croissance des plantes tropicales comme la canne à sucre. Enfin, elle favorise, à cause de l'humidité relative élevée, le développement des organismes pathogènes.

Les autres formes du désert sont de moindre étendue. Le désert tropical, par exemple, couvre un peu plus de 1 000 milles carrés, le désert de basse montagne 4 500 milles carrés et le désert de haute montagne environ 100 milles carrés. Ils diffèrent entre eux par les conditions de température. Dans le premier, la moyenne annuelle excède 75° F tandis qu'elle ne dépasse pas 63° F dans le second et 54° F dans le troisième.

Figure 4



Une des 52 vallées fertiles qui traversent la zone côtière désertique du Pérou. Au premier plan, à gauche, quelques bananiers; au centre, du maïs; à droite, un papayer; au fond, une montagne désertique recouverte de sable.

**Des eucalyptus dans le semi-désert** ○ Le semi-désert réunit quatre formations semi-désertiques de Tosi (1960), parallèles aux quatre formations de désert proprement dit décrites plus haut. Elles se partagent, à part égale, une superficie d'environ 20 000 milles carrés.

Cette formation doit son existence à la pénétration d'air humide en provenance de l'Équateur. La moyenne annuelle des précipitations est comprise entre 4,9 et 9,7 pouces, même si certaines années reçoivent jusqu'à 58 pouces d'eau, tandis que d'autres ignorent complètement la pluie.

Vers l'intérieur et en altitude, le semi-désert succède au désert proprement dit, assurant la transition entre ce dernier, la forêt sèche et la steppe épineuse. Sa végétation se caractérise par la présence de cactacées, d'arbustes épineux et de plantes herbacées éphémères. Il s'agit d'éléments toujours dispersés, séparés par de grands espaces de sol nu. La plupart des cactacées appartiennent au genre *Cereus*. Généralement columniformes et ramifiées, elles sont parfois géantes (figure 5).

Les arbustes ont souvent des feuilles très petites et toujours vertes. Plusieurs sont épineux. Enfin, les plantes herbacées, petites et annuelles, se développent rapidement durant la courte saison des pluies.

L'importance économique du semi-désert est faible. Dans ce secteur, la pluviosité n'atteint même pas le minimum exigé par les cultures les plus frugales et la végétation naturelle ne peut être consommée que par des chèvres. Lorsqu'ils sont irrigués, les sols permettent cependant la plantation des diverses espèces d'*Eucalyptus*.



Figure 5

Dans les stations mieux pourvues en eau, le semi-désert contient des cactacées columniformes géantes, comme ce *Cereus macrostibas* photographié à l'est de Nazca.

**Le brouillard du maquis subdésertique** ○ Le maquis subdésertique occupe une étroite bande de près de 3 000 milles carrés, située à proximité de la côte, entre la ville de Huacho et la frontière chilienne. Cette formation correspond à la zone des collines ou *lomas*, où elle s'étend entre 1 000 et 2 600 pieds d'altitude. A ce niveau, les collines reçoivent, pendant les 5 à 8 mois de l'hiver austral (de mai à novembre), un apport d'eau suffisant pour permettre le développement d'une couverture herbacée saisonnière.

Durant cette période, il tombe entre 5,8 et 9,7 pouces d'eau, cependant que la température moyenne annuelle se maintient entre 54° et 63° F. Cette distribution particulière des précipitations a incité certains auteurs à qualifier de « méditerranéen » le climat des *lomas*. Ce qui le distingue du climat du semi-désert, c'est surtout l'épais manteau de brouillard qui recouvre la région presque en permanence. Bien que cette humidité atmosphérique s'ajoute à la précipitation, la quantité d'eau reçue ne suffit jamais à satisfaire les besoins des plantes, qui présentent de nombreuses adaptations à la sécheresse.

De nos jours, la végétation des *lomas* est surtout herbacée; elle comprend de nombreux arbustes bas, quelques cactacées et, exceptionnellement, des petits arbres isolés. Comme les plantes herbacées sèchent durant l'été, le sol entre les arbustes reste nu ou partiellement couvert des seules fleurs des plantes bulbifères. Les arbres et arbustes sont par ailleurs couverts d'épiphytes qui colonisent également les parois des rochers exposées aux vents humides venant de la mer. Plusieurs des espèces du maquis sont endémiques, ce qui veut dire qu'elles ne se trouvent nulle part en dehors des limites de cette formation. En somme, il s'agit d'une formation très intéressante, tant du point de vue de ses relations avec le milieu que du point de vue purement floristique.

Quant à l'utilisation de ses ressources végétales, le maquis subdésertique, comme le semi-désert, sert uniquement au pâturage nomade extensif. De plus, la culture d'*Agave* semble y donner d'assez bons résultats. Enfin, sur le plan forestier, les plantations d'eucalyptus, de pins, d'acacias et de casuarina paraissent prometteuses.

**Toute les formes de sécheresse** ○ En conclusion, les formations désertiques du Pérou qui couvrent toute la côte du Pacifique, présentent donc une gamme étendue des conditions de sécheresse, depuis l'absence quasi complète de précipitations jusqu'au climat méditerranéen de la *loma*. C'est dans le désert proprement dit, caractérisé par l'absence de toute vie végétale et animale, que la sécheresse est la plus prononcée. La quantité d'eau disponible augmente légèrement dans le semi-désert, ce qui permet le développement d'une végétation épineuse, éparse.

Enfin, le maquis subdésertique, alimenté non seulement par l'eau de pluie, mais encore par l'eau atmosphérique, se couvre, durant l'hiver austral, d'un manteau vert passager, condamné à sécher puis à disparaître. Nous assistons donc à une amélioration progressive des conditions de vie végétale et, parallèlement, à des possibilités croissantes d'utilisation des ressources de la végétation et du sol. Il existe, sur d'autres continents, des conditions de vie semblables, mais, à ce point de vue, le désert du Pérou figure parmi les plus intéressants de toute l'Amérique. ○

L'auteur est professeur au Département d'écologie et de pédologie de la Faculté de foresterie et de géodésie de l'Université Laval.

#### BIBLIOGRAPHIE

- BATES, M., 1965, *Paysages et Nature en Amérique du Sud*, Collections Life, Paris, 200 p.  
 TOSI, J.A. jr, 1960, *Zonas de vida natural en el Perú. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico del Perú*. Inst. Interam. Cien. Agric. OEA, Zona Andina, Proyecto 39, 271 p.

# les insectes entre eux

## Mutualisme et commensalisme

par Bernard J.R. Philogène



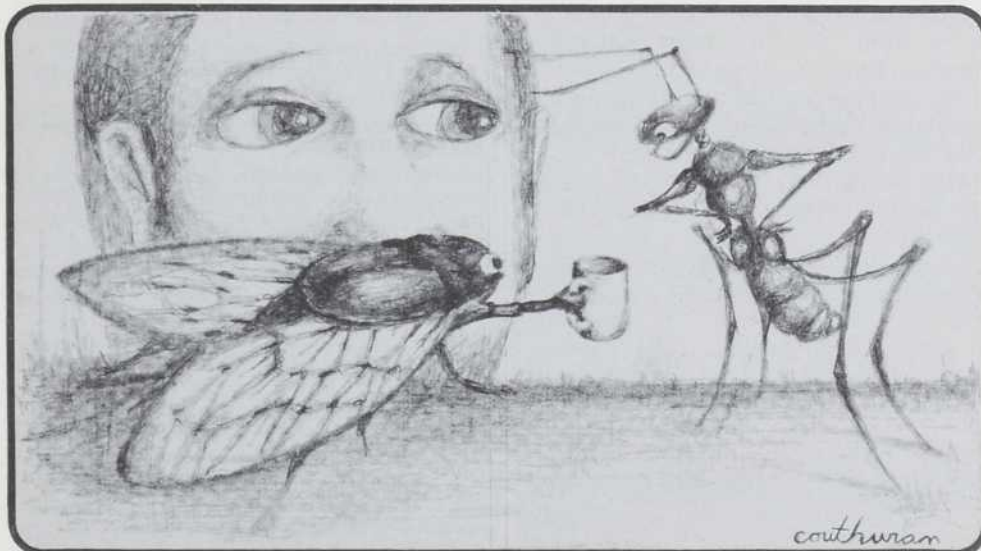
Figure 1

*Nous vivons dans un monde d'interdépendance. Pas plus que les autres êtres vivants, les insectes n'y échappent. La multitude des hexapodes offre même de très nombreux exemples d'interactions dont cet article analyse quelques aspects fascinants.*

Les différents types de relation existant entre les insectes prennent un double aspect: mutualisme ou commensalisme. Aussi, avant d'étudier ces interactions, positives ou négatives, convient-il de définir ces deux termes.

Steinhaus et Martignoni (1967) considèrent le **mutualisme** comme une relation généralement obligatoire entre deux espèces différentes, et profitable à toutes deux. Le **commensalisme**, c'est la relation existant entre deux êtres, lorsque l'un des deux est bénéficiaire de quelque chose sans que cela se produise au détriment de l'autre. Le terme **symbiose**, créé par A. de Bary en 1879 a été souvent employé, lui aussi, pour décrire des relations de cohabitation similaires au commensalisme et au mutualisme. Tous ces termes, en fin de compte, se complètent ou se chevauchent.

Galle commune des chênes rouges dans la région de Québec, causée par un Cynipide (Hyménoptère).



### LE MUTUALISME

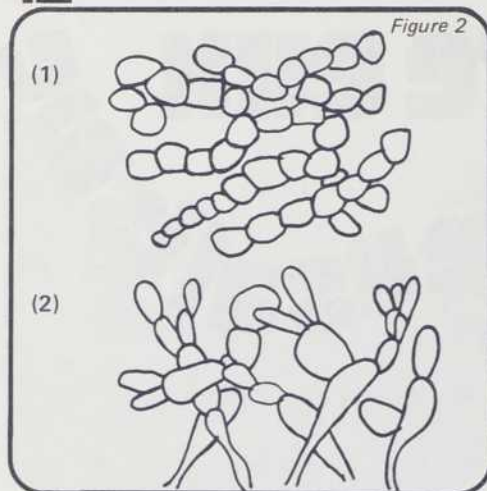
**Les fourmis protègent les pucerons** ○ Les formes les plus connues de mutualisme chez les insectes concernent les fourmis et les pucerons d'une part, les fourmis et les acacias de l'Amérique du Sud, d'autre part, et enfin, les fourmis et les champignons.

Le cas le mieux connu est celui des fourmis et des pucerons: les pucerons fournissent aux fourmis la miellée (*honey-dew*) qu'ils évacuent, tandis que les fourmis protègent les pucerons contre leurs ennemis naturels et leur apportent de la nourriture. Ces pucerons sont appelés **myrmécophiles**.

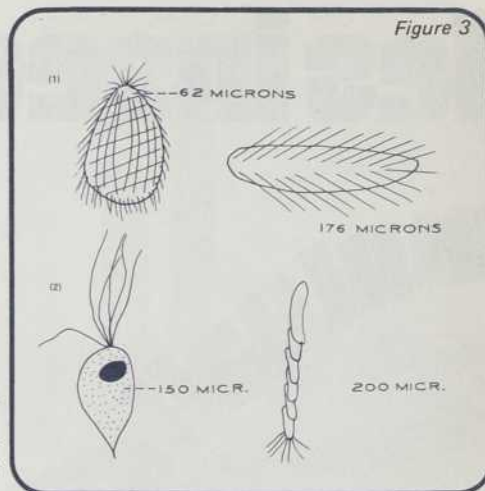
Une interdépendance aussi complète entre deux espèces d'insectes aussi différentes nécessite des modifications assez profondes dans le cycle de vie, la morphologie et le comportement d'au moins un des deux partenaires. Way (1963), dans son étude sur les Homoptères producteurs de miellée et les fourmis, révèle qu'en l'absence de ces dernières, la miellée est d'ordinaire produite périodiquement et éjectée par contraction de l'abdomen ou du rectum. Lorsque les pucerons se trouvent associés à des fourmis, le simple contact des antennes de ces dernières sur l'abdomen de l'Homoptère stimule la production de miellée mais en empêche simultanément l'éjection. Certains pucerons sont même obligatoirement myrmécophiles, ne produisant la miellée qu'après avoir été sollicités par les fourmis.

Du point de vue morphologique, on note la disparition ou l'atrophie d'organes de défense chez les Aphidés (famille des pucerons) qui sont sous la protection des Formicidés (famille des fourmis). De plus, les formes ailées apparaissent moins souvent lorsque les pucerons partagent le nid des fourmis que lorsqu'ils vivent seuls.

Si l'on se souvient que la miellée produite par les pucerons contient des sucres, des acides aminés, des protéines, des sels minéraux et des vitamines, on comprend aisément que les fourmis fassent preuve d'une telle attention envers leurs pensionnaires.



Champignons symbiotiques (d'après Batra et Batra, 1967). 1) cultivés par les Scolytides; 2) cultivés par les Termites.



Quelques protozoaires vivant en symbiose dans le tube digestif des Termites: 1) chez le genre *Reticulitermes*; 2) chez le genre *Zootermopsis*. Les chiffres indiquent la plus grande longueur.

**Les insectes jardiniers** ○ Plusieurs espèces d'insectes vivent en association permanente avec des champignons microscopiques. Dans plusieurs cas, l'insecte cultive activement le champignon de son choix. Batra et Batra (1967) ont étudié les champignons présents dans les galles (tumeurs végétales), ces boursoufflures caractéristiques qu'on retrouve sur plusieurs végétaux et qui résultent de l'irritation provoquée par la présence de l'insecte dans les tissus (figure 1). Les champignons croissent sur les cellules de la tumeur végétale et fournissent à la larve de l'insecte parasite le ou les éléments nutritifs dont elle a besoin.

Certains coccidés vivent également en association avec le champignon du genre *Septobasidium* qui ressemble à un lichen. Le lichen résulte lui-même de l'association d'un champignon et d'une algue. Le mycélium de *Septobasidium* protège l'insecte contre les intempéries et retire du sang de l'animal certains éléments nutritifs.

Les Scolytides, ces Coléoptères mangeurs de bois, sont un parfait exemple de mutualisme entre insecte et champignon. Ces insectes transportent dans des poches (*mycangium*) situées dans leur cuticule, les spores des champignons dont ils ont besoin. Lorsque le Coléoptère a réussi à pénétrer le bois, les spores sont déposées aussitôt dans le tunnel d'invasion. L'insecte ne mange généralement pas le bois mais se nourrit des champignons qu'il cultive. On a même observé que, suivant le milieu de culture disponible, le champignon prenait la forme d'une levure ou d'un chapelet (figure 2).

Les entomologistes se sont aussi intéressés aux fourmis jardinières. Ces espèces et leurs champignons représentent probablement la forme la plus évoluée de mutualisme de cette catégorie. Les fourmis jardinières se nourrissent exclusivement de champignons et en font une culture intensive. Chaque nouvelle colonie de ces fourmis commence par la culture d'un jardin de champignons sur les excréments de la reine de la colonie.

**Termites et protozoaires** ○ Plusieurs espèces d'insectes polyphages et la plupart des insectes xylophages ont un système digestif qui possède une véritable flore bactérienne ou une abondance de protozoaires. Ces micro-organismes aident à rendre la cellulose assimilable pour leur hôte. En d'autres termes, ils participent activement à la digestion du bois ingéré par l'insecte.

La plupart des termites vivent en symbiose avec les flagellés que l'on trouve dans leur tube digestif. Ces protozoaires sont relativement gros et hautement spécialisés. Chaque espèce de termite possède sa propre faune de protozoaires (figure 3). Plus de 40 espèces de ces micro-organismes ont été identifiées.

Les flagellés phagocytent les particules de bois, les digèrent, et l'insecte se nourrit ensuite du protozoaire. L'élimination de ces micro-organismes du tube digestif des termites entraîne rapidement la mort de ces derniers. D'autre part, outre les flagellés, des bactéries diverses contribuent à l'hydrolyse des glucides, à la fixation de l'azote, libérant ainsi d'autres éléments pour l'hôte. L'insecte, pour sa part, doit absorber tout l'oxygène présent dans son tube digestif, car ses micro-organismes sont anaérobiques, donc incapables de survie en présence d'oxygène.

À chaque mue, les termites perdent leur faune et leur flore symbiotiques. Afin de renouveler ces organismes essentiels à leur survie, ils se nourrissent d'abord des excréments que leur servent leurs congénères et qui contiennent les bactéries et les protozoaires nécessaires à leurs fonctions digestives.

## LE COMMENSALISME

**La mouche parasite** ○ Chez les insectes, le commensalisme se résume essentiellement au transport d'une espèce par une autre. Le terme *phorésie* est généralement utilisé pour décrire ce phénomène. Un des exemples les plus frappants est celui de *Dermatobia hominis*, une mouche parasite vivant en Amérique centrale et en Amérique du Sud. C'est l'un des plus sérieux parasites des troupeaux de ces régions. L'adulte, qui est un habitant des forêts, dépose ses oeufs sur le corps d'autres mouches qui les transportent jusqu'à l'hôte; la chaleur de ce dernier suffira à faire émerger la larve (Herms et James, 1961). Cette espèce pratique donc le commensalisme au stade d'oeuf mais ses larves sont des parasites du bétail.

L'étude de toutes les formes d'association entre insectes et micro-organismes, ou entre insectes eux-mêmes, est un des domaines les plus passionnants de l'entomologie. Dans ce bref article, il n'a pas été possible, bien entendu, d'aborder toutes les formes connues de commensalisme et de mutualisme chez les insectes. Un énorme effort doit cependant être tenté afin de découvrir, sous ces deux aspects, ce monde des insectes avec lequel l'homme reste en compétition constante. ○

L'auteur est chargé de recherches au Laboratoire des recherches forestières du ministère canadien des Pêches et forêts.

## BIBLIOGRAPHIE

- BATRA, S.W.T. et BATRA, L.R., 1967. *The fungus gardens of insects*. Scientific American 217: 112-120.
- CAULLERY, M., 1952. *Parasitism and Symbiosis*. Sidgwick and Jackson Ltd, London.
- HERMS, W.B. et JAMES, M.T., 1961. *Medical Entomology*. 5th edition, The MacMillan Company, New York.
- PAILLOT, A., 1933. *L'infection chez les insectes. Immunité et symbiose*. Imprimerie G. Patissier, Trébois (Am.).
- STEINHAUS, E.A. et MARTIGNONI, M.E., 1967. *An abridged glossary of terms used in invertebrate pathology*. Pacific Northwest Experiment Station, U.S.D.A. Forest Service.
- WAY, M.J., 1963. *Mutualism between ants and honeydew-producing Homoptera*. Ann. Rev. Entomol. 8: 307-344.



par Jean-Marc Fleury  
et Laurent Bilodeau

*Vous trouverez ce mois-ci dans la rubrique «A vous de jouer» la réponse aux deux derniers problèmes: pour celui de mars, nous reproduisons, comme d'habitude, les suggestions des lecteurs. Quant au problème posé dans le dernier numéro, il n'a encore suscité aucune réaction faute de temps. Les auteurs se sont donc chargés de proposer leurs propres solutions. Mais ils vous soumettent d'abord une dernière énigme susceptible d'occuper une partie de vos nombreux loisirs d'été.*

### L'OBSSESSION DE BERNOUILLI

Au risque de gâcher vos vacances par des questions obsédantes, nous vous demandons aujourd'hui de trouver des phénomènes qui s'expliquent par le principe de Bernouilli.

Ce principe peut s'énoncer ainsi: «Lorsque la vitesse d'un liquide ou d'un gaz augmente, la pression diminue dans ce liquide ou ce gaz, et vice-versa.»

Chaque fois qu'un objet solide se déplace dans un fluide, ou qu'un fluide se déplace par rapport à un solide, le principe de Bernouilli peut expliquer certains phénomènes. La question risque donc de vous poursuivre pendant toutes les vacances, surtout si vous jouez au baseball, au tennis, ou si vous faites de la navigation à voile. Et le principe peut s'appliquer à de nombreux autres domaines, comme vous pourrez le constater par vous-mêmes.

Bonnes vacances!

### LA GASTRONOMIE DE L'AN 2000: LES LECTEURS RÉPONDENT

Comment les hommes de demain se nourriront-ils? A cette question que nous vous posions au mois de mars, Carmen Brouillette a probablement trouvé la réponse la plus originale. Ayant lu dans un journal «que des savants australiens ont découvert des indigènes qui fixent directement l'azote de l'air», elle suggère de faire en sorte que l'on puisse, un jour, se nourrir de matières vaporisées volontairement ou involontairement dans l'air!

Quant à la conception de cycles alimentaires complets, Francine Magnan, de Québec, nous rappelle que le cycle écologique terrestre fonctionne déjà depuis fort longtemps. «Les principaux problèmes qui se posent actuellement au sujet de l'environnement, dit-elle, ne sont pas reliés à l'alimentation, mais à la présence de métaux lourds (mercure et plomb) dans le système écologique.»

**Des galettes verdâtres** ○ Enfin, Réjean Montminy, de Matane, nous mentionne les études réalisées par la NASA et l'Union soviétique en vue de permettre à des hommes d'effectuer des voyages de plusieurs années dans l'espace. Il s'agirait, selon lui, de créer un nouveau cycle écologique où l'homme ne serait plus un parasite comme sur la Terre, mais une partie essentielle du cycle.

«Les résultats les plus spectaculaires, affirme Réjean, ont été obtenus à l'aide d'un système homme-algue.» L'algue utilisée, la chlorelle, constitue une abondante source de protéines végétales et «assimile facilement les déchets du métabolisme humain».

La suggestion de ce lecteur est intéressante mais elle suppose que l'on ajoute une source de protéines animales; or il est douteux que des astronautes puissent se nourrir de galettes verdâtres pendant plusieurs mois sans que leur moral en soit grandement affecté.

Il serait donc indispensable de doubler le «potager de l'espace» d'une «basse-cour». Dès lors, tout se complique et les Américains ont finalement renoncé aux recherches sur la chlorelle.

Les chercheurs de la NASA ont ensuite utilisé des levures et des bactéries. Ces dernières présentent l'avantage de ne pas avoir besoin d'être exposées aux rayons du Soleil pour dégrader les déchets humains.

Malgré les difficultés énormes rencontrées au cours de ce type de recherches, on constate que l'effort astronautique pourrait avoir des résultats très importants dans le domaine de l'alimentation. Voilà un avantage supplémentaire de l'aventure spatiale.



### À PROPOS DES POUSSIÈRES

Le mois dernier, nous vous demandions d'identifier quelques sources de poussière. Dans les grandes villes, les poussières proviennent surtout des industries: elles sont donc d'origine mécanique (friction, broyage) et combustible. Cette poussière constitue d'ailleurs un des grands problèmes de la pollution urbaine.

Mais dans une chambre fermée et inoccupée, d'où vient la poussière? Là aussi, il y a combustion! En effet, comme le fer qui rouille, le bois et les tissus sont dégradés par l'oxygène. Ce phénomène peut aussi s'expliquer par les variations de température et d'humidité. Par exemple, quand l'air qui était humide s'assèche, l'eau qui était imbibée dans du plâtre poreux se déplace vers la surface et entraîne avec elle des sels minéraux. Puis l'eau sèche et les sels deviennent poussière.

Dans les maisons, les poussières d'origine biologique ont aussi leur importance: insectes, araignées, rats, tout ce qui rampe, ronge et sécrète, en produit. A Rio de Janeiro, il existe des plantes qui vivent accrochées aux fils électriques sans contact avec les poteaux et qui se nourrissent simplement d'air poussiéreux et d'eau de pluie. A propos, saviez-vous que, dans une ville industrielle, un kilomètre carré de sol pouvait recevoir de 40 à 65 tonnes de poussière par mois?



par Jean-Paul Boudreault

### Voici ce qu'il faut faire pour étudier à domicile les merveilles végétales et animales.

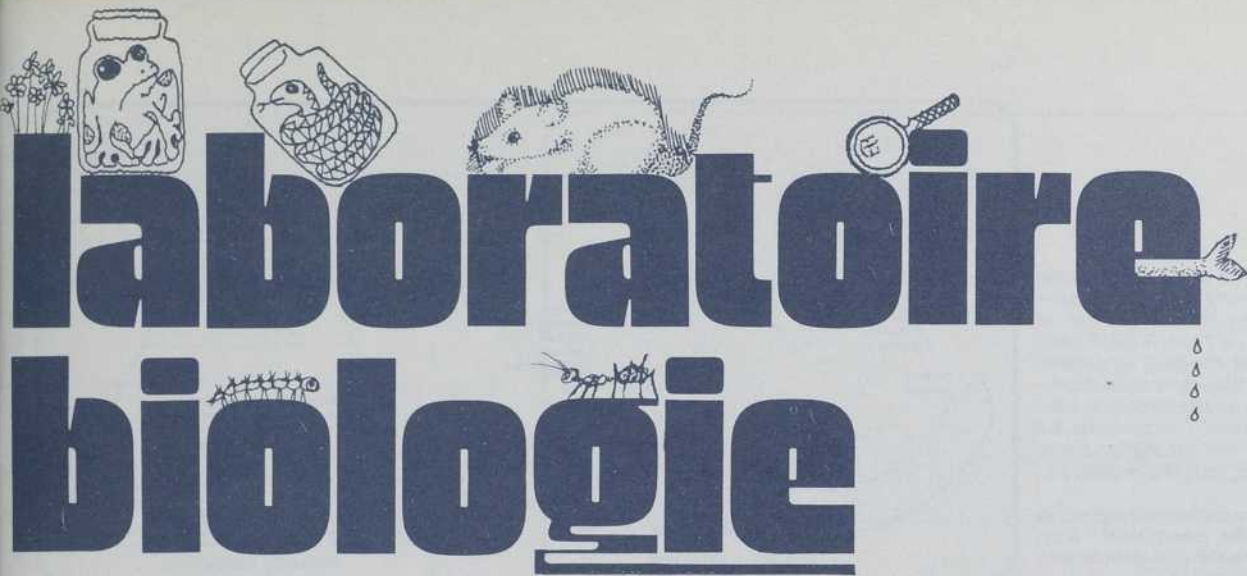
Bientôt l'été: les vacances! Beaucoup de loisirs! Et les longues journées de pluie porteuses d'ennui. Pourquoi ne pas en profiter pour faire passer par le laboratoire les grandes réalités des règnes végétal et animal. Vous pourrez passer ainsi des heures inoubliables à scruter les aventures des animaux du voisinage ou à classer patiemment les plantes des prés environnants. C'est à cette enrichissante activité que sont conviés ceux des lecteurs de QUEBEC SCIENCE qui ne sont pas rebutés par les difficultés.

Dans la hâte des excursions, plusieurs particularités d'un insecte ou d'une plante échappent au naturaliste. Pour l'étude et la conservation des spécimens, le laboratoire est indispensable. Ce laboratoire peut être aménagé pratiquement n'importe où. Une pièce inoccupée du sous-sol ou un atelier abandonné seront facilement transformés en un local attrayant qui, enrichi de collections et de récoltes de la nature, deviendra un lieu privilégié d'études, de recherches et de réflexions. Point n'est besoin d'un grand luxe dans l'ameublement: une table de travail, des étagères pour conserver le matériel et un meuble à tiroirs formeront l'essentiel du décor. Le reste sera fourni par la nature.

**Du matériel peu coûteux** ○ Le matériel pour travailler au laboratoire s'obtient à peu de frais. Voici, en quelques lignes, ce dont vous aurez besoin au début:

1. Des **bocaux** de différents formats pour la conservation de petits animaux tels les batraciens (grenouilles, crapauds), les reptiles (couleuvres, salamandres), les petits mammifères (souris, musaraignes) ou les poissons.
2. Une bouteille de **formaline** que l'on achète pour quelques sous dans une pharmacie. Cette formaline sert à préparer une solution qui permet de conserver les petits animaux. La recette est simple: une partie de formaline pour 15 ou 20 parties d'eau. Une bouteille de formaline achetée dans une pharmacie donne donc 20 bouteilles de solution! Les champignons eux-mêmes se conservent assez bien dans cette solution que l'on dilue encore davantage. Il faut évidemment renouveler de temps à autre la solution pour que les animaux demeurent en bon état.
3. Une **trousse à dissection**. Cette trousse, qui coûte environ cinq dollars, est inestimable pour la dissection d'un animal ou d'une plante. Les pincettes seront également utiles lors de l'épingleage des insectes dans une collection.
4. Une **loupe**, que l'on peut trouver dans plusieurs magasins. C'est un objet fort appréciable lors de l'identification des spécimens rapportés des excursions.
5. Un **aquarium** pour élever des petits poissons de ruisseau ou des larves d'insectes aquatiques. Dans certains cas, de gros bocaux de verre seront suffisants.
6. Pour les plus fortunés, un petit **microscope** et une **loupe sur pied** permettent des observations avancées sur les animalcules, les cellules ou même les globules du sang.
7. Des **boîtes** pour conserver les collections.
8. Quelques **ouvrages de sciences naturelles**. En voir une première liste à la fin de cet article.
9. Il ne faut pas oublier le célèbre **carnet de notes** sur lequel on décrit les observations et les expériences effectuées au laboratoire.

Vous pourrez compléter cette liste au fur et à mesure de vos lectures ou du déroulement de l'expérience.



# laboratoire biologie

**Ordre et planification** ○ La première exigence est d'avoir de l'ordre dans ses affaires. Le matériel rapporté des excursions précédentes doit être soigneusement étiqueté, identifié puis classé. Les insectes sont ensuite épinglés et disposés pour la collection; les plantes sont étalées sur des papiers sécheurs et mises sous presse; le petit animal mort est lavé, identifié et déposé dans une solution de formaline, etc.

Un avant-midi est réservé, par exemple, à la préparation d'une excursion, un autre à la dissection d'un animal, un troisième à la dissection d'une fleur et à toute autre expérience susceptible d'apporter de nouvelles connaissances à son auteur.

La planification est nécessaire à la bonne marche du travail en laboratoire. Il faut choisir les sujets sur lesquels on désire travailler, les délimiter et tracer les principales étapes de l'étude. Il vaut mieux se concentrer sur deux ou trois travaux et les mener à bien que de vouloir tout couvrir pendant l'été. A la fin d'une période, on examine les résultats et de nouvelles décisions sont prises pour les prochains travaux.

**Travaux en laboratoire** ○ Une fois en possession de votre petit laboratoire de sciences naturelles, vous pourrez choisir entre une multitude de travaux. Voici quelques exemples qui serviront de guide au débutant:

1. Une *collection de plantes* ou herbier.
2. Une *collection d'insectes*. Étant donné la grande variété d'espèces parmi les insectes, il est préférable de se limiter à un ordre ou à un habitat. Par exemple: une étude des Coléoptères, des Lépidoptères ou encore des insectes aquatiques.
3. Une collection de *nids d'oiseaux*. Ce travail est entrepris l'hiver afin d'éviter une crise de logement!
4. Une collection de *champignons*. On les conserve dans de la formaline ou par la dessiccation dans un four.

**Études dans la nature** ○ Si le naturaliste a facilement accès à un habitat donné tel une érablière, un ruisseau, un marécage, il peut entreprendre d'intéressantes études sur ces milieux.

5. La vie dans une *érablière*. Avec le printemps, la vie reprend dans l'érablière du voisinage. Il est donc possible de faire, semaine après semaine, une étude de la flore du sous-bois. Par exemple, les premières plantes à s'épanouir sont l'érythroné d'Amérique et la trille. Quelles espèces suivent?

Pour continuer l'étude de la vie de l'érablière, voici ensuite quelques bêtes qui y vivent: le renard roux, la mouffette et la musaraigne à queue courte. Quant aux insectes, on en trouve de très nombreux. Les chercher sur le sol, dans les bois morts, le feuillage, les fleurs et les champignons.

Des oiseaux animent aussi l'érablière. Si l'on veut les observer, il est préférable de se lever vers 4 ou 5 heures du matin car certains cessent leurs chants à la chaleur du jour. Par contre, d'autres chantent au crépuscule. Enfin, l'érablière ne renferme pas que l'érable à sucre. D'autres espèces d'érables s'y trouvent. Dans quelle proportion?

6. L'étude d'un *étang*. Le programme de travail comprend:

- a) Le dessin d'une carte représentant les contours de cet étang.
- b) Un dessin en coupe de l'étang illustrant la variation de la profondeur en fonction de la distance du bord ainsi que le relief de la rive.
- c) L'eau: sa couleur, sa transparence et sa température.
- d) Le contenu des rives: gravier, sable, roches et végétation.
- e) Le pourcentage et les espèces de plantes flottantes et immergées.
- f) Les algues.
- g) Les animaux qui nagent librement, qui habitent la surface, qui vivent sur la végétation ou sur le fond.
- h) Les sources d'altérations artificielles: pollution, constructions, etc.

7. Les méthodes d'*hibernation* de quelques animaux aquatiques. Voir comment hibernent certains animalcules tels: la rotifère, la daphnie, le cyclope. Les éléments de base sont rassemblés pendant l'été, puis l'étude se poursuit au cours de l'hiver suivant. ○

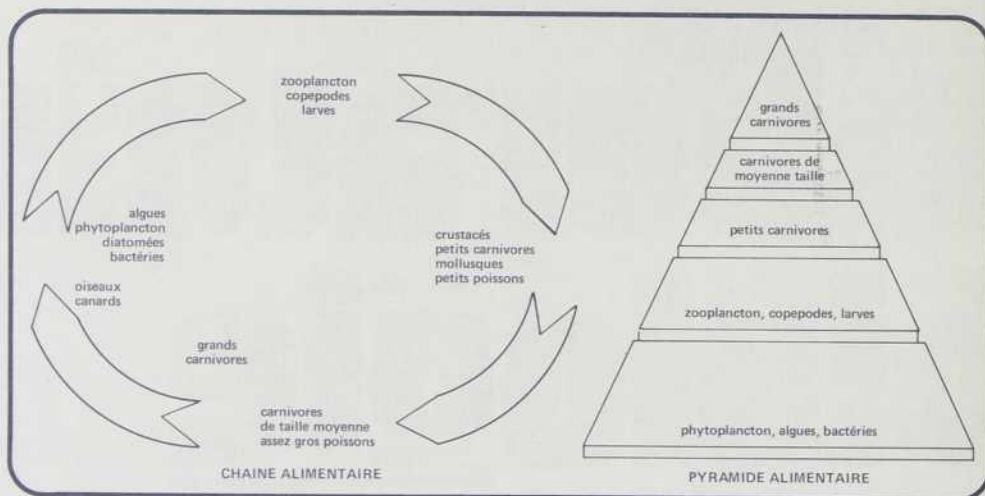
L'auteur est professeur au Département de physique de l'Université Laval.

## BIBLIOGRAPHIE

- CHAGNON, G. et ROBERT, A., 1960. *Principaux coléoptères de la Province de Québec*, Les Presses de l'Université de Montréal.
- DUMAIS, R., 1955. *Les mammifères de mon pays*, Ed. Courvillennes.
- LAGLOIRE, P. et GAUTHIER, G., 1967. *Le Guide de l'amateur d'insectes*, ministère de l'Agriculture du Québec.
- P., LOUIS MARIE, 1931. *Flore: Manuel de la Province de Québec*, Centre de psychologie et de pédagogie, Montréal.
- FR. MARIE-VICTORIN, 1964. *Flore laurentienne*, Les Presses de l'Université de Montréal.
- MELANÇON, C., 1969. *Charmants voisins (oiseaux)*, Éditions du Jour.
- MELANÇON, C., *Inconnus et méconnus (Amphibiens et reptiles de la Province de Québec)* et *Les poissons de nos eaux*.
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, 1962. *Champignons comestibles et vénéneux du Canada*, Ottawa.
- MINISTÈRE DES FORÊTS, 1961. *Arbres indigènes du Canada*, Ottawa.
- NEEDHAM, J.G. et NEEDHAM, P.R., 1955. *A Guide to the Study of Fresh Water Biology*, Comstock Publishing Associates, New-York.
- PETERSON, R.T., 1947. *A Field Guide to the Birds*, Houghton Mifflin Co., Boston.
- D'autres ouvrages sur les papillons, les fougères, les mammifères, etc. existent dans cette collection très bien illustrée.*
- REED, C.A., 1965. *North American Birds' Eggs*, Dover.
- D'intéressants volumes sur les oiseaux et les plantes sont également publiés par cet éditeur.*

A mesure qu'on s'élève dans la chaîne alimentaire ou dans la pyramide, la concentration de la pollution par les insecticides à base de DDT produit le résultat suivant: par filtration de l'eau, le DDT toxique se fixe dans le calcium de l'animal; la concentration augmente alors jusqu'à devenir catastrophique pour les grands carnivores (aigles-pêcheurs, pélicans, cormorans), qui se nourrissent de poissons. La concentration initiale de 3 parties par million passe, dans le cas de l'aigle-pêcheur, à 2 500 parties par million.

L'enveloppe des oeufs devient comme du papier, et dans une colonie de 300 couvées, aucun oeuf n'a pu éclore; ce phénomène fut observé l'an dernier aux États-Unis.



péripéties  
d'une lutte



ddt  
bactéries



par Jean-Claude Gauthier

Étudiant en secondaire IV au collège Bourget de Rigaud et membre du mouvement Les jeunes biologistes, Jean-Claude Gauthier se passionne pour l'écologie. Cet intérêt envers les problèmes de l'environnement l'a conduit à étudier les effets polluants d'un insecticide à base de DDT sur les bactéries. Ce travail lui a valu le premier prix à l'Expo-sciences de Montréal en 1970.

Voici, en résumé, mon hypothèse de départ: un insecticide à base de DDT, c'est-à-dire un polluant, finit toujours par rejoindre les nappes d'eau douce ou d'eau salée. Un effet insuffisamment prévu par les inventeurs du produit a engendré des dégâts biologiques considérables. Cet effet, nous le connaissons mieux aujourd'hui: c'est la concentration du produit toxique au sein de la chaîne alimentaire.

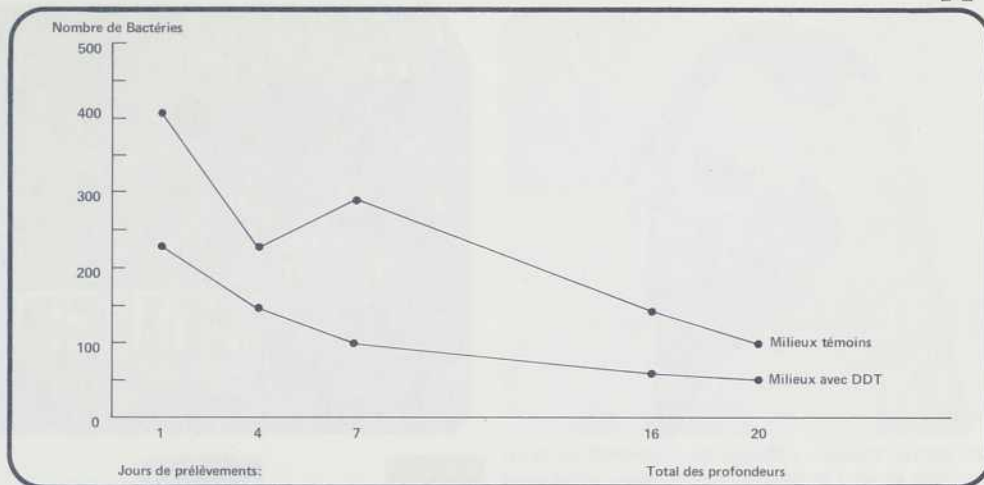
La question que je me suis posée est la suivante: l'agent polluant a-t-il un effet sur les bactéries, avant le phénomène de la concentration par étapes le long de la chaîne alimentaire, ou, si l'on veut, au point de départ de cette chaîne alimentaire?

N'ayant pas les moyens techniques d'analyser la quantité du produit captée par les bactéries et susceptible de les affecter, je me suis contenté d'observer les effets décelables sur une culture et sur son évolution.

**Cinq zones de profondeur** ○ Ma première préoccupation fut de développer différents milieux de culture dans lesquels j'appliquai du produit à base de DDT selon la dose indiquée par le fabricant. Je constituai aussi des milieux témoins correspondants non pollués et répondant aux mêmes conditions expérimentales. Tout instrument utilisé était soumis à une stérilisation rigoureuse.

Ma seconde préoccupation fut de compter les bactéries des différents milieux, ce que je fis à l'aide d'un microscope (grossissement de 400) et d'une lamelle quadrillée, à intervalles réguliers. Mais le tour n'était pas joué: les bactéries fuient la lumière. C'est pourquoi elles vont, le jour, se rassembler au fond de la culture, tandis qu'elles ont tendance, la nuit, à se disperser, ou bien encore à se diriger vers le haut de la culture, si le milieu est pauvre en oxygène. Il me fallait donc tenir compte de ces facteurs et de la profondeur dans l'opération de comptage des bactéries. J'établis donc cinq zones de profondeur.

Après deux mois d'essais et de préparation, mon travail d'observations contrôlées s'échelonna sur 20 jours. Durant cette période, je pris six prélèvements par culture à intervalles réguliers, et cela suivant les différentes zones de profondeur. Ceci me procura un total de 180 prélèvements que je dus ensuite examiner au microscope. Je pus ainsi dégager le nombre total de bactéries dans chacune des zones suivant la profondeur. Je mis ensuite ces résultats en graphiques sans oublier le total pour l'ensemble des zones.



Graphique général.

**Milieus traités et milieu témoin** ○

L'observation de ces graphiques montre une nette différence dans la courbe du nombre des bactéries en fonction du temps, selon qu'il s'agit de milieux traités ou de milieux témoins.

1. Les graphiques des milieux traités, comparés à ceux des milieux témoins, indiquent une baisse notable dans le nombre, dès le début de l'expérience. Ceci signifie que le polluant affecte les bactéries dès le premier jour de l'expérience.

2. A mesure que les jours passent, on voit que la courbe des graphiques accuse une remontée dans les milieux pollués. J'en conclus donc qu'après un certain temps il se développe une immunisation partielle des bactéries envers l'insecticide.

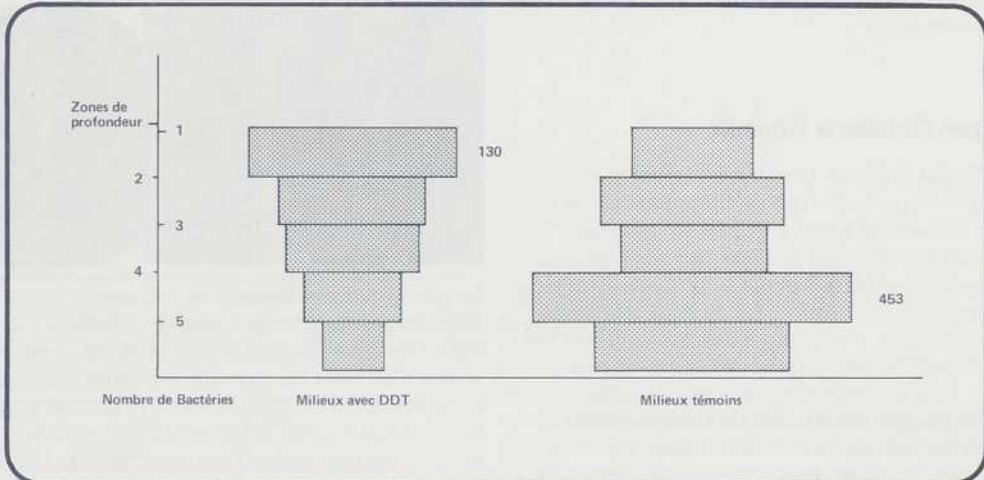
3. Vers la fin de l'expérience, on constate une baisse générale de la courbe des graphiques des milieux témoins, comme des milieux ayant reçu le produit toxique. On assiste à la dégénérescence, à l'épuisement des cultures par suite de l'interaction possible des facteurs suivants: diminution de l'oxygène, des substances nutritives et auto-intoxication réciproque.

4. Dans le graphique général représentant le total des profondeurs étudiées, la courbe indique, pour chaque jour, un nombre plus élevé de bactéries dans les milieux témoins que dans les milieux pollués.

5. Il me vint aussi l'idée de calculer la distribution verticale des bactéries dans les cultures ou, si l'on veut, la moyenne générale des bactéries suivant les zones de profondeur. J'obtins un résultat assez intéressant.

Dans les milieux contenant l'insecticide, les bactéries ont tendance à se situer vers le haut de la culture tandis que dans les milieux témoins, elles se regroupent généralement vers le bas.

Cette observation pourrait s'expliquer de la manière suivante: le DDT de la solution n'étant pas soluble dans l'eau, se concentre au fond; les bactéries auraient tendance, pour l'éviter, à s'élever au-dessus, dans la culture. Autre hypothèse: il y aurait plus de bactéries tuées dans cette région où se concentre le polluant non soluble que dans le reste de la culture. ○



Nombre de bactéries suivant les zones de profondeur.

# abonnez - vous!

à **québec science**

Case postale 250, Sillery, Québec 6. Tél.: 651-7220

**Tarif individuel**

1 an, 8 numéros: \$3 – 2 ans, 16 numéros: \$5.50 – 3 ans, 24 numéros: \$7.50

**Tarif-groupe**

15 (ou plus) envois à la même adresse – 1 an, 8 numéros: \$2

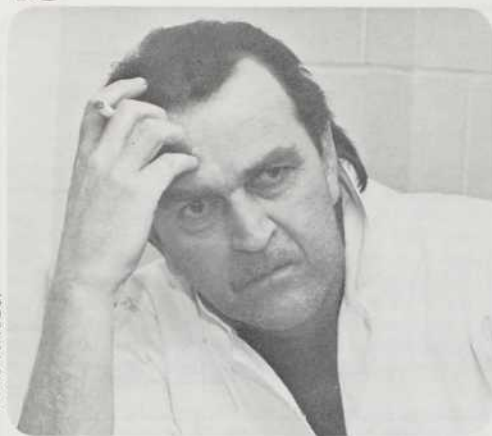
- Étudiant
- École:.....
- Professeur
- Collège:.....
- Autre:.....
- Université:.....
- Organisme:.....

NOM: .....

RUE: .....

VILLE: ..... ZONE: .....





M. Didier Dufour: «Malgré les impératifs de la recherche et de l'animation scientifique, je ne peux pas m'empêcher de participer à la solution des grands problèmes de notre communauté francophone.»

par Ghislaine Rheault

Didier Dufour, docteur en sciences, directeur du Centre de biomédecine de l'Université Laval a acquis, en empruntant les chemins sinueux qui vont de la médecine vétérinaire à la biologie expérimentale, en passant par la chirurgie expérimentale, une stature imposante d'homme et de scientifique.

La biomédecine, ce n'est pas une profession au sens où on l'entend généralement. C'est plutôt une manière d'envisager la recherche biologique et médicale. Cette conception, qui intègre la recherche de manière dynamique, dans un processus de développement d'une communauté humaine, est fondée sur la foi en l'interdépendance des diverses disciplines.

**Le laboratoire dans une cave** ○ La carrière exemplaire de Didier Dufour s'appuie sur une formation «extra-disciplinaire», sur une addition de forces et de capacités diverses. On pourrait tenter de la définir, de la caractériser en évoquant diverses spécialités: génétique, biologie, immunologie ou, plus largement encore, écologie humaine.

Nous devons nous contenter de le suivre dans son milieu immédiat, dans cette «cave» équipée d'appareils scientifiques perfectionnés, où il travaille parmi l'alignement des cages de souris blanches, de sauterelles du Sahara ou des aquariums de crabes et de poissons porteurs de pollution. Dans cette cave, il s'acharne, en compagnie de jeunes chercheurs, à résoudre des énigmes fondamentales de notre époque, celles qui menacent la santé et la vie des collectivités: cancer, détérioration du milieu, sous-alimentation, erreurs génétiques.

Didier Dufour: un chercheur acharné. Ce qui revient à dire, un découvreur heureux. Heureux, il l'était le matin où je l'ai rencontré puisqu'il venait d'obtenir (une consécration de plus!) une bourse de recherches de l'Institut du cancer du Canada à Toronto.



# biomédecine

## La génétique des Canadiens français ○

Mais les succès donnent au scientifique le devoir de s'engager. «Quand on dit que les universitaires et les scientifiques vivent dans des isolats magnifiques et se donnent l'alibi de leur mission universitaire pour éviter d'entreprendre d'autres activités, je trouve que c'est une accusation grave. Personnellement, malgré les impératifs de la recherche fondamentale et de l'animation scientifique, je ne peux pas m'empêcher de participer à la solution des grands problèmes de notre communauté francophone.»

Cette obstination à vouloir résoudre les problèmes du milieu, cet enracinement se sont traduits, jusqu'à tout récemment, sur le plan scientifique, par la mise sur pied d'une structure d'enseignement: le Centre de biomédecine de l'Université Laval. Dans ce nouveau centre furent introduits progressivement des services pédagogiques complémentaires:

- un service de chirurgie expérimentale, «pour permettre à la chirurgie de manifester sa présence dans la recherche multidisciplinaire».
- un centre de génétique humaine des Canadiens français. Pourquoi les Canadiens français? «A cause des qualités spécifiques du matériel génétique de notre peuple, qui résulte en partie de l'isolement dans lequel la communauté canadienne-française a vécu depuis deux siècles.»

A ces deux structures se sont greffées des grandes missions de recherche et de développement. A titre d'exemple, la mise sur pied d'un système global de dépistage automatique des maladies héréditaires des nouveaux-nés du Québec.

**«Un pays sans bon sens»** ○ Didier Dufour exprime ses inquiétudes de scientifique et de citoyen devant l'utilisation massive de volumes en langue anglaise dans l'enseignement des sciences. Ceci a pour effet, dit-il, non seulement de contribuer à détériorer le langage, mais encore de diminuer la valeur attribuée à la langue française. On considère en effet que, pour être capable d'obtenir une compétence technologique adéquate, il faut toujours passer par des volumes anglo-saxons. «Ce problème me préoccupe. Si j'ai des dispositions pour participer à l'évolution de ma communauté francophone, cette participation pourrait se concrétiser par l'animation d'un groupe de travail ou par la rédaction d'un volume scientifique d'immunologie en langue française. Cet ouvrage ne serait pas réservé à la consommation folklorique, mais devrait répondre à des impératifs de compétence et de diffusion mondiale.»

Un projet ambitieux, susceptible de canaliser cette inquiétude quant au sort de la communauté. Mais aussi une obligation qu'il étend aux presses universitaires, à l'Université du Québec en particulier. Cette dernière ne devrait pas, selon lui, se contenter d'animer des publications à l'usage des «juniors». Elle devrait aussi se donner la vocation de publier des volumes scientifiques de pointe en langue française.

Une autre preuve d'engagement scientifique: récemment, Didier Dufour a associé son nom et sa réputation de chercheur à une entreprise de définition de la notion de pays, dans le film de Pierre Perreault, «Un pays sans bon sens». Cela n'étonne pas de la part d'un homme qui parle avec autant de ferveur de son rôle d'animateur scientifique que d'une peau de boeuf musqué.



COMMENT DEVENIR...

# médecin

## Aptitudes

- Un goût très poussé de la recherche, de l'expérimentation
- Capacités pour le travail de longue haleine
- De l'imagination créatrice
- Le sens de la découverte
- Aimer le travail en équipe

## Formation générale et professionnelle

- Études élémentaires et secondaires
- Cours collégial de deux ans: si l'étudiant compte se diriger vers la biologie expérimentale, il s'inscrit dans le bloc de sciences pures; s'il préfère entreprendre d'abord de solides études de médecine, il s'inscrit en sciences de la santé
- Études universitaires de trois ans (en biologie pour obtenir au moins un baccalauréat en sciences) ou de six ans (en médecine)
- A la fin de ses études de premier cycle, dans l'une ou l'autre discipline, l'étudiant doit s'inscrire à un programme de maîtrise et de doctorat (trois ou quatre ans) et travailler dans des équipes de recherche en biomédecine

## Établissements d'enseignement

- Université Laval, Université de Montréal et Université de Sherbrooke, pour les études en biologie et en médecine
- L'Université du Québec envisage de dispenser des cours en sciences de la santé. Présentement, elle offre les cours en sciences pures (biologie), à Montréal, Trois-Rivières, Rimouski et Chicoutimi

## TECHNICIEN DE LABORATOIRE MÉDICAL

La formation du technicien de laboratoire médical s'échelonne sur 3 ans, soit 6 sessions. Elle comporte des cours théoriques, des exercices pratiques et des stages en milieu hospitalier dans diverses spécialités: bactériologie, biochimie, hématologie et histologie.

Le technicien, collaborateur du médecin ou du spécialiste, peut participer au diagnostic clinique, interpréter et critiquer les examens de laboratoire. Il peut même effectuer des analyses micro-biologiques. Le technicien médical organise et surveille les travaux des autres techniciens. Il peut aussi avoir des responsabilités administratives.

Les diplômés débouchent presque toujours dans les laboratoires d'hôpitaux et de cliniques médicales. Certains services gouvernementaux et les universités réclament aussi, mais plus rarement, leurs services.

## LA SCIENCE AU SERVICE DU PEUPLE

gne pas la physique: en 4 ans, les crédits fédéraux alloués à cette discipline ont diminué de 30 pour cent et, sur les 20 000 docteurs en physique américains, plus de 3 000 étaient, l'an dernier, en chômage. Pourquoi cette crise? Comment y mettre un terme? Ces questions ont donné lieu, lors de la dernière réunion de l'*American Physical Society*, à de violents affrontements. Tandis que les «traditionnalistes», représentés par le Dr Robert Sebert, de l'Université de Columbia, réclamaient davantage de crédits dans le but de relancer l'effort technologique et de renforcer la défense nationale, un groupe de «radicaux», conduits par le Dr Charles Schwartz, de l'Université de Californie, répliquaient en invoquant des arguments moraux et politiques.

A leurs aînés qui entendaient séparer discussions techniques et problèmes d'éthique, les jeunes physiciens répondaient que toutes les occasions d'aborder des sujets importants devaient être saisies. Les découvertes du physicien étant parfois redoutables, celui-ci doit, selon les contestataires, se préoccuper de leur utilisation. Descendant de sa tour d'ivoire, il doit renoncer aux innovations inutiles, couper les ponts avec l'armée et mettre la science au service du peuple.



Université Laval

## LAVAL HONORE JACQUES ROUSSEAU

Ethnologue de réputation mondiale, botaniste reconnu, explorateur infatigable, linguiste, historien, géographe, Jacques Rousseau est sans doute l'un des plus grands savants que le Québec ait connus. La bibliothèque de l'Université Laval vient de lui rendre, moins de huit mois après sa disparition, un émouvant hommage.

Pendant quatre semaines en effet, différents objets ayant appartenu à Jacques Rousseau (bibliographie, plantes d'herbier, carnets de voyage, effets personnels, peintures, etc.) ont été rassemblés et exposés au Pavillon de la Bibliothèque générale. Cette exposition qui coïncidait avec le dixième anniversaire du Centre d'études nordiques attira de nombreux visiteurs. Cette affluente a permis de mesurer, une nouvelle fois, le degré de popularité de cet homme de science illustre et éclectique.

Aux États-Unis, la crise de la recherche scientifique n'épar-

## LA SOCIÉTÉ LINNÉENNE AIDE LES JEUNES

Linnéenne de Québec est l'un de ceux qui s'intéresse le plus à la promotion de la science auprès des jeunes. Cette année par exemple, elle organisait, dans plus de quarante maisons d'enseignement et Cercles de Jeunes naturalistes, un concours à l'issue duquel un jury formé de trois universitaires oeuvrant dans le domaine des sciences naturelles décernait vingt-trois bourses de camps d'été. Ces allocations permettront à de jeunes scientifiques de participer aux stages des Jeunes Explorateurs, des jeunes biologistes, du Camp Marie-Victorin ou du Camp-école Chicobi, sans déboursier la moindre somme.



## LES GRANDES PREMIÈRES D'APOLLO XV

«Nous rapporterons assez d'informations pour occuper les savants pendant 30 ans.» Même si cette affirmation du commandant d'Apollo 15 peut paraître présomptueuse, la prochaine mission lunaire atteindra un niveau scientifique jamais approché. Le vol, qui doit débuter le 28 juillet prochain et durer treize jours, comportera en effet plusieurs «grandes premières».

La plus spectaculaire de ces innovations sera la présence de la première automobile sur le sol lunaire. Ce véhicule tout terrain appelé Rover sera utilisé à deux reprises par les astronautes.

Auparavant, l'équipage aura largué un petit satellite de la Lune muni d'un magnétomètre et d'un détecteur de particules ionisées.

Tandis que Scott et Irwin exploreront la région très accidentée de la gorge Hadley, Alfred Worden, en orbite autour de l'astre, étudiera le relief lunaire. Sur le chemin du retour, enfin, Worden sortira de la cabine principale pour «nager» dans le cosmos en direction du module de service.

Parmi les organismes scientifiques d'adultes, la Société

## COUP DE GÉNIE À SHERBROOKE

Les étudiants en génie de l'Université de Sherbrooke se plaignaient, comme la plupart de leurs camarades, du caractère théorique des programmes universitaires. Un groupe de professeurs de la Faculté des sciences appliquées vient de leur donner satisfaction en mettant sur pied, dès la 1ère année un cours intitulé «projets d'ingénieurs».

Cette expérience pédagogique originale qui fonctionne déjà à la satisfaction de tous, se déroule de la façon suivante: au début de la seconde session, chaque étudiant soumet une idée de projet. Les sujets sélectionnés par les professeurs sont confiés à des équipes de cinq étudiants. Chaque membre du groupe devient tour à tour chef d'équipe, le rôle de ce dernier étant de fournir des rapports sur l'avancement du projet et d'évaluer le travail de ses camarades. En cours d'année, les étudiants reçoivent les lumières de nombreux conférenciers (ingénieurs ou enseignants). A l'issue du cours, un jury choisit les meilleurs projets et récompense leurs auteurs. Une initiative qui mériterait d'être étendue à de nombreux établissements.

## RÉSEAU DE LABORATOIRES QUÉBÉCOIS?

Les efforts en faveur de la recherche scientifique sont, au Québec, trois fois plus faibles que dans les pays possédant le même niveau de vie. C'est ce que déclarait récemment à Québec le directeur de l'Institut national de la recherche scientifique. M. Charles E. Beaulieu devait, pour étayer cette affirmation, citer quelques chiffres éloquentes:

- pour 30 pour cent de la population du Canada, le Québec ne possède que 10 pour cent de la communauté scientifique canadienne;
- nous ne consacrons pas plus de 0,7 pour cent de notre produit national à la recherche contre 1,4 pour cent dans l'ensemble du Canada;
- les 200 millions de dollars dépensés par les agences fédérales en Ontario (contre 13 millions au Québec) représentent 50 pour cent de plus que les sommes consacrées à la recherche par les industries, les universités et le gouvernement québécois réunis;
- 45 pour cent des subventions fédérales aux universités québécoises vont aux universités anglophones.

En plus d'une augmentation massive des subventions, M. Beaulieu préconise, pour remédier à ces faiblesses, la création d'un réseau de laboratoires spécialisés dans diverses régions de la province: développement du nord à Chicoutimi, transports à Montréal, etc. Ces différents centres permettraient ainsi de résoudre les problèmes concrets de notre collectivité.



par Claude Boucher

*Voici une petite énigme qui vous permettra de réfléchir pendant les vacances. Ce numéro de QUÉBEC SCIENCE étant le dernier de la présente série, vous ne connaîtrez la solution de ce cinquième problème que dans la livraison d'octobre. A moins que vous ne la trouviez plus tôt...*

### PROBLÈME N° 5: COMPTEZ SUR VOS DOIGTS

Supposons que l'on se mette à compter sur les doigts de sa main gauche en procédant comme suit:

sur le pouce, on compte 1;  
sur l'index, on compte 2;  
sur le majeur, on compte 3;  
sur l'annulaire, on compte 4;  
sur l'auriculaire, on compte 5;  
sur l'annulaire, on compte 6;  
sur le majeur, on compte 7;  
sur l'index, on compte 8;  
sur le pouce, on compte 9;  
sur l'index, on compte 10, etc.

Sur quel doigt sera-t-on rendu lorsqu'on comptera 1971?

### SOLUTION DU PROBLÈME N° 4 (ACCROCHEZ LES WAGONS)

- La locomotive L va s'accrocher au wagon W1; elle le tire en passant par z jusqu'à v, puis le pousse jusqu'à y.
- Par le circuit zut, L se rend jusqu'à v, pousse W2 jusqu'à y et accroche W1 à W2.
- L tire le train jusqu'à v, puis le pousse jusqu'à u en passant par z et laisse W1 au point u.
- L tire W2 jusqu'à v en passant par z puis le pousse jusqu'à y où elle le laisse.
- L se rend à u en passant par v et t, puis pousse W1 jusqu'à v en passant par z.
- L laisse W1 en v, va jusqu'à y chercher W2, le tire jusqu'à v, puis le pousse jusqu'à u en passant par z.
- L laisse W2 en u et revient se placer en z.



*Avez-vous des critiques ou des suggestions à formuler? Voulez-vous nous confier vos commentaires sur la revue? Dans ce cas, une seule adresse:*

QUÉBEC SCIENCE, Case postale 250, Sillery, Québec 6.

### UNE LISTE DES SOMMAIRES

J'ai eu récemment l'occasion de consulter votre revue dans une bibliothèque et j'ai pu y lire des articles fort intéressants.

Cependant, la somme des connaissances ainsi amassées est difficile à acquérir après coup, vu le nombre élevé des sujets abordés et, surtout, la difficulté de retrouver un article traitant d'une question particulière.

Ce que je voudrais vous demander, c'est si vous avez une liste complète des sommaires de vos numéros parus depuis ces dernières années. Je pourrais ainsi survoler l'ensemble de votre publication afin de situer les points qui m'intéressent personnellement.

Je pense que ce document pourrait être utile à de nombreux laboratoires, centre de recherches ou bibliothèques.

Jean-François David, Professeur, Trois-Rivières

### LES SCIENCES NATURELLES ME CAPTIVENT

QUÉBEC SCIENCE est une revue qui, à mon sens, éveille et nourrit l'intérêt des adultes et surtout de la jeune génération envers les questions scientifiques.

Il est difficile d'échelonner par ordre d'intérêt les divers articles, vu que les goûts des lecteurs sont très différents.

Personnellement les sciences naturelles (botanique, ornithologie, zoologie) me captivent. Les articles concernant la physique, la chimie ou les mathématiques m'intéressent aussi mais beaucoup moins et quand je m'aperçois que cela dépasse ma «compréhension» je n'y perds pas de temps.

J'ai la conviction que QUÉBEC SCIENCE deviendra extrêmement populaire. Présentation, rédaction, illustration... tout me semble parfait. L'équipe responsable mérite de chaleureuses félicitations.

Lucien Caron, Montréal

# 22

## LES LASERS

Ronald Brown, traduit par Th. de Galiana  
Coll. Techniques d'Aujourd'hui, Larousse  
Paris, 1969

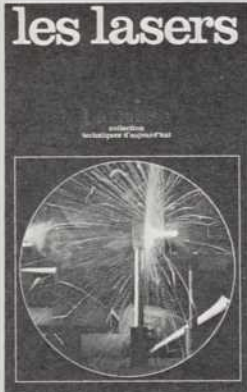
187 pages, \$4.35

Enfin un livre pas cher et bien fait sur les lasers! A partir de notions élémentaires et sans mathématiques, l'auteur y explique d'abord le fonctionnement du laser au rubis (le premier à avoir fonctionné en 1960). Puis avec un foisonnement de dessins, il décrit les autres types: à gaz, à liquides, à solides, à semi-conducteurs...

Les chapitres suivants sont une passionnante synthèse des applications des lasers aux communications, à la médecine, à l'holographie et à toute une autre gamme de domaines qui s'ouvrent actuellement.

Ce qui étonne le plus de ce livre de deux cents pages, c'est qu'il soit si complet. Il constitue en plus une véritable anthologie photographique sur les lasers. C'est un ouvrage de collection à ne pas manquer!

Laurent Bilodeau



## L'ORIGINE DE LA VIE

Christian Léourier, Coll. Science Nouvelle  
Éd. Robert Laffont, Paris, 1970  
170 pages, \$3.50

Oparin, Fox, Lamarck, Darwin, Teilhard de Chardin, matérialistes, vitalistes, déterminisme, hasard: toute une série de concepts, d'individus, qui s'intègrent dans le système de l'évolution. Essayer d'en faire une synthèse objective représente un travail d'Hercule. Christian Léourier a relevé le défi, et ceci en respectant les notions scientifiques. Une mise en garde doit cependant être faite: ce livre demeure difficile d'accès au niveau des réflexions découlant de la pensée évolutionniste. Cet excès dans la recherche philosophique est cependant compensé par les synthèses des théories d'Oparin (influence du milieu), de Fox (sélection naturelle) et de Miler (physico-chimie).

La partie la plus intéressante du livre demeure la conclusion dans laquelle l'auteur se lance avec les armes de la philosophie en appliquant cette phrase de Rostand: «Où commence la vie? N'est-elle pas déjà en puissance dans la matière inerte? La réponse à cette question ne relève ni de l'observation, ni de l'expérimentation: elle n'est donc plus du domaine scientifique.»

Serge Fradette

## LE CERVEAU ET SES INCONNUES

Docteur René Angelergues, Coll. On en parle,  
Éd. Hachette, Paris, 1968  
298 pages, \$5.60

A l'époque où l'informatique suscite l'admiration de tous, que connaissons-nous exactement du fonctionnement du cerveau humain? Les premiers utilisateurs du «cerveau» électronique n'oublent-ils pas trop facilement leur propre cerveau?

De quoi s'agit-il en effet sinon d'une organisation extrêmement complexe de cellules plus ou moins spécialisées qui sont coordonnées, dirigées par un «moteur central» qui planifie l'ensemble des activités (physiologiques, neurologiques, biologiques et psychologiques) de l'organisme en vue de les adapter aux conditions du milieu.

Ne voulant pas prétendre vulgariser la somme de tous les travaux effectués pour comprendre les mécanismes de l'activité cérébrale, le Docteur René Angelergues et son équipe se contentent de rendre accessibles les questions essentielles posées par le fonctionnement cérébral. Ils présentent le cerveau comme «matière vivante en réaction continue au milieu dans lequel elle vit». Cette réaction doit être un équilibre constamment maintenu pour préserver et assurer la vie psychique et physique de l'individu. Le cerveau ordonne, coordonne, intègre les informations reçues du milieu extérieur. Celles-ci sont liées aux besoins vitaux, psychiques et physiologiques de l'organisme. Elles déclenchent une réaction affective non moins importante, ce qui sépare cerveaux humain et électronique.

On peut regretter qu'à force de vouloir simplifier, l'auteur omette d'approfondir certains travaux en cours. Cependant il a le grand mérite de bien expliquer les rôles physiologique et psychologique du cerveau tout en insistant sur leur étroite relation. Bref, un ouvrage qui pourra être lu avec profit par tous les étudiants.

A.M. Duvivier

## LE CLIMAT

Philip Thompson et Robert O'Brien  
Trad. Serge Ouvaroff  
Coll. Sciences, Robert Laffont, Paris, 1970  
182 pages, \$4.50

Voici, pour le profane comme pour le débutant en météorologie, un excellent ouvrage d'introduction aux phénomènes atmosphériques.

Les composantes physiques de la machine atmosphérique, les lois complexes qui régissent l'ensemble des mouvements de l'atmosphère, sont présentées dans un langage simple et attrayant. Les raisons de la direction et de la vitesse des vents, le secret des alizés, la guerre des masses d'air, deviennent faciles à comprendre grâce à d'excellentes illustrations.

Enfin, le problème complexe de la prévision du temps fait l'objet d'un chapitre où tous les outils et techniques modernes utilisés par le météorologue sont présentés en même temps qu'une appréciation de l'efficacité de son travail. On constatera que malgré tout, les prévisions atmosphériques sont exactes 4 fois sur 5 seulement.

Le volume se termine par un chapitre donnant une vision de l'avenir de la météorologie extrêmement réaliste tenant compte des toutes dernières découvertes.

Mais où parle-t-on de climat dans ce volume, me dira-t-on? Eh bien, on en parle très peu. Le climat comme tel, qui est «l'ensemble fluctuant des conditions atmosphériques, caractérisé par les états et les évolutions du temps au-dessus d'un espace déterminé», a été pratiquement ignoré. Excellent volume d'initiation aux phénomènes météorologiques, ce livre est malheureusement coiffé d'un titre mal choisi.

Raymond Perrier

# index du volume 9 de québec science (1970-1971)

	Auteur	N <sup>o</sup>	Pages
<b>AÉRONAUTIQUE-ASTRONOMIE</b>			
L'observation des satellites artificiels	Jean-Paul Boudreault	1	6 - 8
-30 <sup>o</sup> un jour de juillet	Guy Simard	2	20
1977: le grand tour interplanétaire	Jean-René Roy	3	10 - 11
Pourquoi vous ne pouvez pas croire aux astres	Gilles Beaudet	4	9 - 10
L'opération Napoléon	Michel Gauquelin	4	11 - 12
Almanach-graphique 1971	Société royale d'astronomie	5	11 - 13
Sphères célestes et cadrans solaires	Jean-Paul Boudreault	6	13 - 15
Voyages à la lune: rien à craindre sauf...	Hervé Audet	7	3 - 5
Ici Houston. A vous Apollo 14	Michel Gauquelin	7	6 - 8
La seconde carrière des ballons	Fernand Lot	7	9 - 11
<b>ARCHÉOLOGIE</b>			
L'art de fouiller sans détruire	Vassos Karageorghis	3	7 - 9
<b>BIOCHIMIE</b>			
Comment on devient biochimiste	Normand Lépine	1	18 - 19
<b>BIOLOGIE</b>			
Influence des inhalations de colle sur des souris	Agathe Sauvé	1	23
Navigation et orientation des oiseaux migrateurs	Raymond McNeil	2	2 - 6
Des plantes qui hibernent	Roger Desparois	3	20
Pisciculture à domicile	Jacques Hébert	5	18
Pleins feux sur les insectes	Jean-Paul Boudreault	7	14 - 15
Le plancton du fjord Saguenay	Alain Faucher	7	18 - 19
Les insectes entre eux: mutualisme et commensalisme	Bernard J.R. Philogène	8	11 - 12
Mon laboratoire de biologie	Jean-Paul Boudreault	8	13 - 14
Péripéties d'une lutte: DDT vs bactéries	Jean-Claude Gauthier	8	15 - 16
<b>CHIMIE</b>			
La chromatographie	Jean-Paul Boudreault	4	18 - 19
Dossier Drogue	Réjean Daigneault André Barrette	5	2 - 6
Comment on devient chimiste	Jacques Guay	6	16 - 17
<b>ÉCOLOGIE</b>			
Le désert du Pérou	Miroslav Grandtner	8	7 - 10
<b>ÉLECTRONIQUE</b>			
L'avenir de la communication au Canada	Jean-Pierre Bonhomme	4	13 - 15
Comment on devient ingénieur en communications	Solange Chalvin	4	16 - 17
Une antenne pour détecter les walkies-talkies	Pierre Brunet	6	19

## FORESTERIE – GÉODÉSIE

La photo en trois dimensions	A.J. Brandenberger	3	2 - 6
Comment on devient arpenteur-géomètre	Renée Rowan	3	18 - 19
Nos arbres cachent la forêt	Gilles Crevier	6	11 - 12
Les maladies mortelles du bois blessé	Marcel Lortie	7	12 - 13

## GÉNIE ÉLECTRIQUE

Le Labrador livre sa houille blanche	Pierre Claude Aïtcin	6	3 - 5
--------------------------------------	----------------------	---	-------

## GÉOLOGIE – GÉNIE MINIER

La culture des cristaux	Jean-Paul Boudreault	2	7 - 8
Les continents à la dérive	Christopher Brooks	4	2 - 6
Quand la croûte terrestre s'entrouvre	Michel Gauthier	4	21
Comment on devient ingénieur minier	Solange Chalvin	7	16 - 17

## MATHÉMATIQUES

Variations sur les nombres binaires	Jean-Paul Boudreault	3	15 - 17
Échec et Maths	Claude Boucher	4	20
		5	20
		6	21
		7	23
		8	21

## MÉDECINE

Le sommeil, activité du cerveau	Mircea Steriade	1	2 - 5
Stress et maladies cardiaques	Laurent L. Savoie	4	7 - 8
L'appareil de Golgi	C.P. Leblond	6	6 - 9
Comment on devient biomédecin	Ghislaine Rheault	8	18 - 19

## PÉDAGOGIE – POLITIQUE SCIENTIFIQUE

Le Québec aura-t-il sa jeunesse scientifique?	Marc Duvivier	1	9 - 17
La machine est votre maître. Vrai ou faux?	R.J. Cedergren et Guy Beauregard	2	9 - 12
L'ACFAS est-elle sur la bonne voie?	Françoise Côté	3	12
Les jeunes scientifiques lancent un SOS	Maurice L. Roy	3	13 - 14
Peut-on être femme de science au Québec?	Paule Sainte-Marie	5	7 - 9
Au congrès de l'APSQ, le grand oublié: l'élève	Micheline Handfield	5	10

## PHYSIQUE

Lumières psychédéliques	Jean-Paul Boudreault	5	14 - 15
Une nouvelle génération de lasers	Jacques Guay	8	2 - 4
Les lasers de puissance en physique des plasmas	Jacques Martineau	8	5 - 6

## PSYCHOLOGIE

Comment on devient psychologue	Solange Chalvin	5	16 - 17
--------------------------------	-----------------	---	---------

## URBANISME

Comment on adapte la cité à l'homme	Normand Lépine	2	13 - 14
La ville postmachiniste	Michel Lincourt	2	15 - 17
Comment on devient urbaniste	Solange Chalvin	2	18 - 19

## STAGES ET CAMPS D'ÉTÉ

QUÉBEC SCIENCE a déjà publié (volume 9, n° 6, mars 71) les programmes d'été des Jeunes Explos et du Camp Rolland Germain. D'autres mouvements organisent, eux aussi, en juillet et août prochains, des stages d'études à l'intention des étudiants.

### Association des Jeunes Scientifiques

L'AJS annonce quatre stages de trois semaines au mois d'août: foresterie, à l'École forestière Duchesnay (près de Québec); électricité, en collaboration avec l'Hydro-Québec; chimie, au CEGEP d'Ahuntsic, et géologie. Chacun de ces stages regroupera de 15 à 20 étudiants (secondaire IV et V, CEGEP I et II). Les participants devront verser \$60. Pour les renseignements complémentaires, s'adresser à l'AJS, 370A est, boulevard Saint-Joseph, Montréal 151 (tél: 845-7821).

### Jeunes biologistes

Comme chaque année, les Jeunes biologistes se réuniront dans le cadre magnifique de Port-au-Saumon dans le comté de Charlevoix. La première période se déroulera du 1er au 15 juillet et la seconde du 18 juillet au 3 août. Toutes deux regrouperont quarante stagiaires, garçons et filles, du secondaire et du collégial. Au programme: sciences biologiques, écologie, géologie.

Le troisième camp aura lieu du 13 au 22 août. Il sera réservé à l'astronomie et pourra accueillir 24 stagiaires. Le prix de l'inscription est fixé à \$65.

L'adresse des Jeunes biologistes: Collège Bourget, Rigaud, Québec (tél: 238-5311).

### Camp-école Chicobi

Le Camp-école Chicobi (Guyenne, Abitibi Ouest, tél: 751-2591), spécialisé en sciences naturelles et en écologie, s'adresse aux étudiants du secondaire et du collégial, originaires de l'Abitibi mais aussi de l'extérieur.

Première période (35 garçons): du 1er au 15 juillet

Deuxième période (35 filles): du 17 au 31 juillet

Troisième période: du 8 au 22 août. Ce dernier stage, organisé en collaboration avec l'Office franco-québécois pour la jeunesse, regroupera, outre 25 anciens campeurs et campeuses, une dizaine de Français. Les frais d'inscription à ces trois stages sont fixés à \$75.

Signalons enfin que tous ceux qui en feront la demande pourront obtenir gratuitement le journal du camp. Ce cahier de 16 pages, grand format présente le camp Chicobi sous tous ses aspects (historique, site, réalisations, projets) et donne aux futurs stagiaires de précieux renseignements pratiques.

## UN JOURNAL POUR LES JEUNES NATURALISTES

La plupart de nos lecteurs connaissent sans doute déjà *Le Naturaliste*. A ceux qui l'ignoraient encore, QUÉBEC SCIENCE se devait de signaler l'existence de cette intéressante revue de sciences naturelles. Organe officiel des Cercles des Jeunes naturalistes, ce mensuel, qui paraît huit fois par an et qui termine sa huitième année de publication, s'adresse essentiellement aux jeunes de l'élémentaire et de première année du secondaire.

Chaque numéro contient plusieurs articles sur la flore, la faune et les richesses naturelles. Plusieurs rubriques: des jeux, des nouvelles brèves et même des histoires en bandes dessinées complètent le sommaire et composent un ensemble très équilibré. Ce magazine représente un excellent instrument d'initiation aux sciences de la nature.

## LE CJS S'AFFILIE À LA YOUTH SCIENCE FOUNDATION

Au début du mois de mars, le Conseil de la jeunesse scientifique devenait, sous l'impulsion de son exécutif, le 25e membre constituant de la Youth Science Foundation (Fondation science jeunesse) dont le siège est à Ottawa.

A la suite de cette adhésion, le CJS s'engage à publier dans son bulletin périodique, des nouvelles de l'Association canadienne des clubs scientifiques (SECCAN) créé récemment par la YSF.

Il semble que le Conseil participerait à l'élaboration des programmes et des activités de la YSF dont il serait le représentant régional au Québec. En s'engageant à rehausser le prestige du CJS partout où cela sera possible, la YSF continuerait d'offrir aux étudiants québécois la participation à ses programmes nationaux.



BIBLIOTQ. NATIONALE DU QUEBEC  
BUREAU DEPOT LEGAL 0471  
1700 RUE ST-DENIS 101977  
MONTREAL PQ  
BIBLIOTHEQUE  
NATIONALE

12 MAI 1971

PÉRIODIQUES

les presses de l'université du québec

