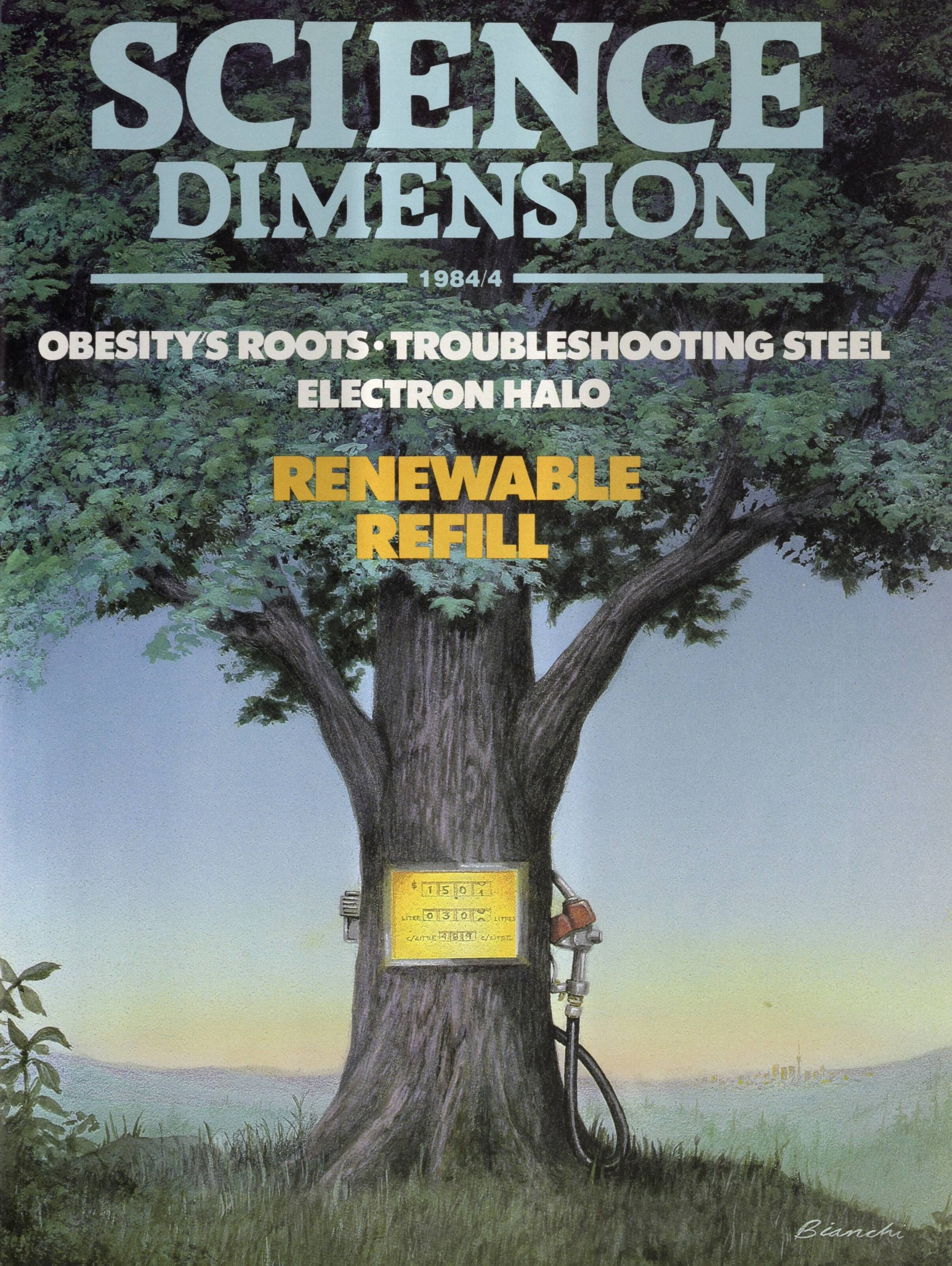
SCIENCE DIMENSION

1984/4

OBESITY'S ROOTS · TROUBLESHOOTING STEEL

ELECTRON HALO

RENEWABLE REFILL



Pierre Dansereau — pioneer ecologist

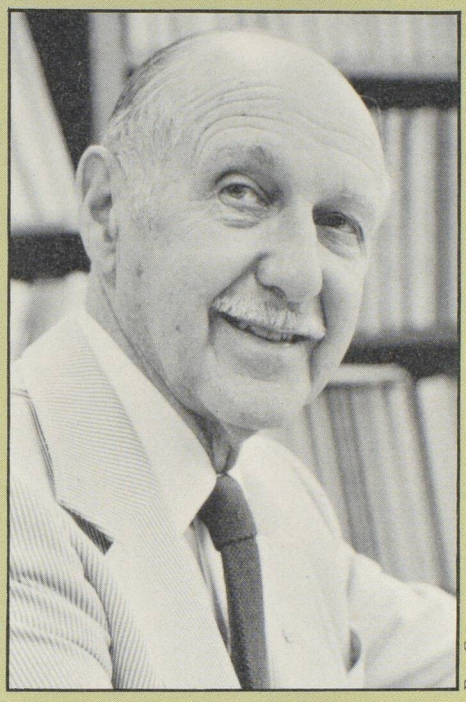
In the 30-volume edition of ***Encyclopaedia Britannica****, the following entry is found on page 373: "Dansereau, Pierre (Mackay) (born Oct. 5, 1911, Montreal), plant ecologist, pioneer in the study of the dynamics of tropical, temperate and Arctic forests. Dansereau wrote scientific papers on the taxonomy, cytology and evolution of rock roses (Cistus), cinquefoils (Potentilla), violets (Viola) and maples (Acer). In 1960, he received the Fermi Medal of the Toulouse Academy of Science (France) and in 1965, the Pariseau Medal of the Association canadienne-française pour l'Avancement des Sciences (the French-Canadian Association for the advancement of science). His books include* ***Biogeography, an Ecological Perspective*** *(1957) and* ***Contradictions and Biculture*** *(1964)".*

The very sketchy information contained in this biographical entry — it does not go beyond 1965 — sheds light on the innovative character of Dr. Dansereau's work and its impact on the international scene. Outside the closed world of experts, there is no question that people in Canada know little about the impetus given to ecological research by this Quebec researcher during the forties and fifties, when ecology was an obscure discipline whose legitimacy was challenged by the major universities.

Encyclopaedia Britannica does not describe, of course, Dansereau's scientific development, a man who has led in a roundabout way via studies of the world's forests and swamps, towards cities and their human ecosystems. In 1964, he published a work entitled ***Contradictions & biculture*** *(not bioculture).* ***Biculture****, the subject of discussion here, is meant in the sense intended by the British physician and novelist, C.P. Snow in his well-known work* ***"Two Cultures and the Scientific Revolution"*** *(1959). This work deals with both sides of the dispute between the humanities and science.*

Pierre Dansereau is both a humanist and a scientist and he has worked ceaselessly to reconcile these two "cultures". During the years that he taught in the United States he played a part, along with the great American geneticist Theodosius Dobzhansky, in founding the "American Teilhard de Chardin Association". Dansereau was the Association's first president.

Now 72, Pierre Dansereau is Professor Emeritus at the University de Québec in Montreal. He continues to teach, to write and is currently preparing a handbook of environmental sciences for the New York Publisher ***Wiley's*** *in which human ecology is considered on an equal footing with plant and animal ecology. Named a Companion of the Order of Canada in 1969 with 11 honourary doctorates and numerous decorations in Canada and abroad to his credit, Dansereau has also been a member of the Science Council of Canada and today remains active in numerous national and international scientific bodies. Science Dimension interviewed him in Montreal.*



Dan Getz

"Inoptimum is one of life's constants"

Science Dimension: How did you become involved in research work? You were 20 in 1931, and your choice of career seems an unusual one for a man of your generation and background. Scientific research was not held in high esteem in Montreal in those days.

Dansereau: I wanted to lead a life that would not force me into a career in the usual professions to which young middle class men like me were practically condemned. I should have been a doctor or a lawyer like certain of my grandfathers, great-grandfathers and many of the adults in my circle of acquaintances. But, I did not want to. It was agriculture that attracted me, scientific agriculture to be exact, and so I registered in the Oka Agricultural Institute. About that time, I met Brother Marie-Victorin and little by little, I strayed from agronomy (the science of field-crop production and soil management).

Science Dimension: Brother Marie-Victorin was a great botanist. His work "La flore laurentienne" (Flora of the Laurentians) remains a classic. Was he also interested in ecology?

Dansereau: Marie-Victorin is not only the author of "La flore laurentienne". He also published literary works and a large number of specialized studies in which I discovered all sorts of insights that fascinated me. For someone like me, coming from a classical education and dreaming of literature, it was a pivotal experience to meet this man of letters and science, whose interests included a wide range of ideas from philosophy, religion and sociology. Ecology, which greatly excited him, immediately enthralled me.

Science Dimension: Ecology was something new at that time. How did you come to specialize in it?

Dansereau: During the thirties, the only place ecology was taught in Canada was at the University of Alberta. I should add that the whole world regarded geography and ecology as something a bit strange. At the Sorbonne, they did not want to hear about modern genetics, ecology, or taxonomy. It was the same at the major American universities like Harvard, Columbia and California. North American ecology sprang up in the mid-west, in Chicago and Nebraska, between the Rockies and the Appalachians. I wanted to pursue my studies in French and so, in 1936, I left for Europe with my wife to study with the greatest ecologist working in France at that time, Dr. Josias Braun-Blanquet. He was a Swiss who ran the International Centre for Mediterranean

Continued on page 31

National Research Council Canada
Conseil national de recherches Canada

SCIENCE DIMENSION

VOLUME 16, NO. 4, 1984.

Editor Wayne Campbell
Managing Editor Joan Borsu
Art Editor Jean L. Richard
Art Production Carisse Graphic Design Ltd.
Printed in Canada by Dollco Printing

31159-4-0011

Interview 2

Letters 4

Capsules 6

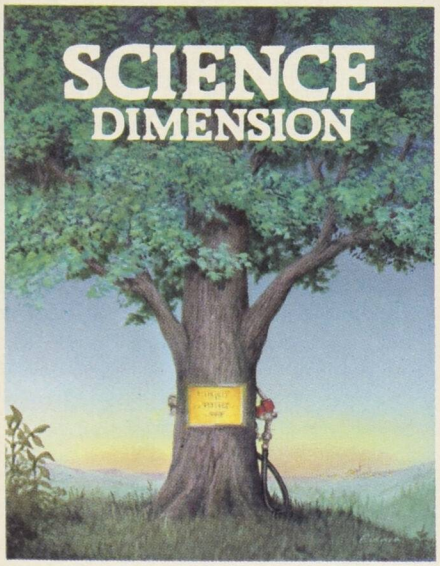
An Electron Halo At Work 10
The Canadian Synchrotron Radiation Facility

The Roots Of Obesity 14
A metabolic malfunction?

Putting a Tree In Your Tank 19
Breaking wood down to alcohol

Under The Volcano 25
Troubleshooting steel's infernal ways

Suzuki 30



John Bianchi

OUR COVER

Artist John Bianchi's vision of a future in which automobiles run on renewable 'biofuels' may not be that far away. On page 19, writer Madeleine Vaillancourt looks at the work of a chemical engineer at the Université de Sherbrooke who wants to make gas from cellulose a commercial reality.

Science Dimension (ISSN 0036-830X) is published six times a year by the Public Relations and Information Services of the National Research Council of Canada. Material herein is the property of the copyright holders. Where this is the National Research Council of Canada, permission is hereby given to reproduce such material providing an NRC credit is indicated. Where another copyright holder is shown, permission for reproduction should be obtained from that source. Enquiries should be addressed to: The Editor, *Science Dimension*, NRC, Ottawa, Ontario, Canada, K1A 0R6. Tel. (613) 993-3041. Indexed in the Canadian Periodical Index. This publication is available in microform. Cette publication est également disponible en français et porte le nom de *Dimension Science*.

Letters

What Makes Éole Run?

As I started to read your article on project Éole, about the proposed installation of a Darrieus wind turbine in Gaspé (SD, 1983/6), I was already composing in my mind a letter thanking you for finally clearing up the mystery of how this remarkable device works. I had read several other previous articles in magazines and newspapers, but they all left me thoroughly bewildered about what principle of physics could explain how this interesting machine works.

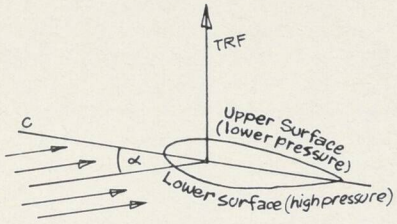
But, after reading your article over three times, I am still as puzzled as before. Please, don't keep your readers in suspense any longer. How does it work? Is it propelled by the difference in drag between forward and reverse flow of air over the blades? Is it self-starting? Does the speed of the down-wind blade exceed the speed of the air? Do the blades twist from the wind forces to produce rotational forces?

Surely there must be some logical explanation. Could we have an explanatory diagram in a future issue of your otherwise excellent publication?

John Gingrich
Toronto, Ont.

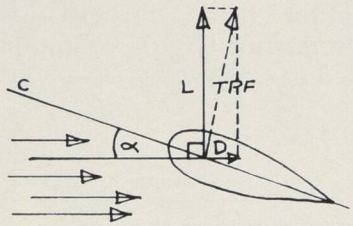
O.K. John, you asked for it! Here is the explanation provided by NRC's Raj Rangi (who developed the modern Darrieus turbine) and Paul Penna.

First, consider the cross-section of the Darrieus airfoil, a smooth symmetric shape about a central "chord" line (C).

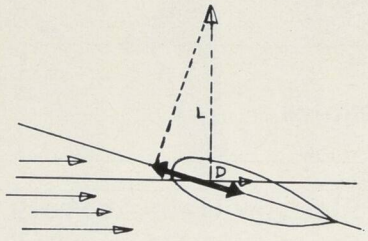


*When the airfoil moves through the air (→) at a certain "angle of attack" (α), it experiences what is called a total reaction force (TRF), which is the result of the pressures distributed over the surface. (At most angles, the upper surface "feels" a pressure **lower** than the atmosphere while the lower surface "feels" a pressure **higher** than the atmosphere.*

If you look at the components of this force along a line perpendicular to the airflow, you get the "lift" force (L) and along a line parallel to the airflow you get a "drag" force (D) operating on the airfoil.

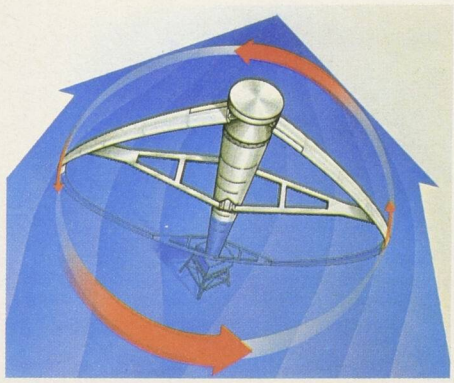


*Now, consider the components of each of these forces (L and D) along the **chord line** of the airfoil.*

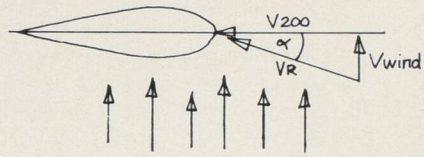


*As you can see, the lift component is much larger than the drag, the result of which means that the airfoil experiences a net force along the chord line which is directed **forward**. For a good airfoil, L is usually about 50 times greater than D, and this characteristic is what makes the turbine work!*

*Finally, consider the entire double-bladed turbine turning at its optimum blade speed — around 200 km/hr at the equator of the turbine (below right, bird's eye view). The blades will thus "feel" an airspeed of 200 km/hr coming at them with an angle of attack of zero degrees when the air is **still**.*



*When the wind blows, however, conditions change; consider the point on the circular path of the turbine blades (AA) where they are moving perpendicular to the wind at the equator. Here, the blades will experience a **resultant** airflow as follows:*

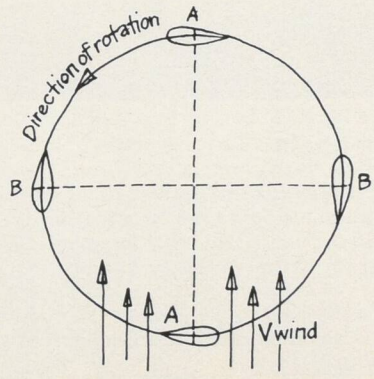


where v_R is the resultant airflow seen by the blade.

Thus, as mentioned at the start, there will be a lift and drag force created on the blades, with a component of the lift force which will pull the blade along its circular path. It is this force along the path that generates the power to turn the turbine and drive the electric generator.

*At the point on the path where one blade is moving directly into the wind and the other directly with the wind (BB), the blades experience a very low **drag** force only. This force is so small that the turbine easily rotates through the position with little power loss. Thus, the turbine will spin, irrespective of the direction of the wind.*

*Note that the turbine is not self-starting because it is normally connected up to a "load" (an electrical system, for example), but at most (but not all) wind angles, it will self-start if not braked in some way. **Ed.***



Vitamin E

First, I am writing to congratulate you and your associates on the excellent quality of ***Science Dimension***. The subjects are interesting, the presentation is clear and often exciting — truly multidisciplinary!

Second, I would like to refer back to your article on vitamin E — SD 1983/2, p. 25. The subject is of great interest to me for several reasons.

In 1969, as President of the Chemical Institute of Canada, I spoke briefly to the High Polymer Forum meeting at Queen's University on *senescence* (actual title "Sans Everything" — after Shakespeare). I pointed out that, in the 35 years that I had been actively employed in the industries of rubber, plastics and fibres, we had discovered chemical approaches to increase service life by at least a quantum jump. This was particularly true with natural rubber through the addition of anti-agers (antioxidants) and other approaches.

I predicted that if we attacked the problem of the aging of living matter with the same vigour, we might well increase our life span by, say, 50 years. I pleaded with the group to get busy immediately if they were going to help me!! (tongue in cheek)

So you see, the Chain Reaction Quenching role of vitamin E looks like a good step in the right direction.

Actually, I have personally been taking vitamin E for about four years at the recommendation of my physician. He made the recommendation because I had some cardiovascular problems. One of them, raised blood pressure, has gradually dropped from about 180/90 to 140/80; while another problem (irregular heart beat) has stayed relatively constant.

With one exception, my general health is very good at 77 years old, and I am going to continue with vitamin E, but, of course, I'm not absolutely clear, based on this one case, how much vitamin E has to do with it.

The one exception is arthritis. During the past four years, this has, alas, increased dramatically.

About four years ago, I was first diagnosed as having osteoarthritis in my ankles, then two years later my knees, and recently my hips. For some reason, this senescent process has speeded up. It is hard to reconcile this with a type of arthritis that is called "wear and tear".

Would you kindly ask Drs. Burton and Ingold (on my behalf):

1) Have they considered the chemical processes involved in arthritis?

2) Is there any known chemical way of slowing it down (or accelerating it)?

3) Is there any possible mechanism whereby vitamin E could accelerate it?

I fully realize that the field is very complex. Personally, I have been taking anti-inflammatory and pain reducing drugs, but they don't seem to be getting at the basic cause!

If my personal problems and interest can help Drs. Burton and Ingold to turn their talents to the above area, I am sure that they can make worthwhile contributions to it.

Please congratulate them on their thrilling work on vitamin E.

Norman S. Grace
Thunder Bay, Ont.

*Drs. Burton and Ingold express their sympathies for your condition, but hasten to add that they are not engaged in medical research **per se**, and cannot comment with authority on the chemical processes that underly arthritis. They are chemists engaged in fundamental research, and while their work will, hopefully, have implications in other fields such as medicine, they are unable to offer expert opinion outside their own field. **Ed.***

Kudos

May I take this opportunity to congratulate you for publishing such an excellent science magazine.

On reçoit ***Dimension Science*** à l'école en français et j'ai toujours les copies dans ma classe pour mes élèves.

I also receive a copy in English at home. Both are greatly appreciated by me and my students.

Your article "Project Eole: Catching Gaspé's Winds" caught my interest. Could you supply me (or put me in touch with someone who could supply me) with concrete, realistic information on where to purchase and how to install an alternate source of energy? I have a cottage that has no electricity and would like to do something about it.

Once more, thank you for your magazine et bonne chance dans le futur.

H. Caron
Winnipeg, Man.

*According to our people in wind turbine research, most of their work concerns large-scale vertical axis turbines for use by power utilities. As such, they do not like to give advice on smaller units designed to service single households. For a summary article on windmills that includes vertical axis models, they suggest the July, 1982 issue of **Popular Science** which contains an article on page 53 entitled, Thirty-Three Windmills You Can Buy NOW.*

*You can receive NRC's public information on wind power research and development by writing to: Energy Inquiry Centre, c/o Energy Branch Library, Canada Institute for Scientific and Technical Information, Building M-55, National Research Council of Canada, Ottawa K1A 0R6. **Ed.***

World's Highest Mountain

In ***Science Dimension*** Vol 16, No. 1, 1984, p. 21, you wrote that ". . . Mauna Kea, Hawaii, is the world's tallest mountain . . .".

Everybody knows it is Mount Everest. Or is it?

Dennis Gregoire
Laval, Que.

*Everest from sea level. Mauna Kea from the ocean bed. **Ed.***

The Smoking Cover

I received a copy of the latest issue of ***Science Dimension*** and would like to complain strongly about the cover. Why does the NRC (and the Government of Canada) have a publication whose cover has two people, in the wilderness, happily smoking? Do we tacitly support the idea that smoking is a natural habit and good for you? Would you have had a cover with a couple of people sitting around consuming alcohol? Surely Health and Welfare would not be too happy about this cover, and I wonder if you would like to get their opinion.

It is ironic that one of the articles in the magazine is about acid rain and air pollution — it is a pity you could not have thought that the cover was hardly ideal. I hope you will be more diligent in the future as thousands of people receive the magazine and it is not something I want to be associated with.

Sean McAlister
Division of Chemistry
NRC
Ottawa, Ont.

*Mr. McAlister has voiced a concern shared by a number of other **Science Dimension** readers. Our reason for running the picture is, simply, that it is a "one-of-a-kind" photograph of historical significance to the Canadian story of permafrost research. No other picture, in our judgment, so aptly illustrates both the content and flavor of writer Sean McCutcheon's story on Roger Brown and Hank Johnston. It relates the adventures of two scientists travelling over the frozen, often dangerous terrain of Canada's northern frontier in a post-war era before the widespread use of the snowmobile. The picture embodies much of this feeling, and for our purposes was ideal — or almost. The fact that both men are smoking reflects on the fact that the habit was much more prevalent in the past (30 years ago) and should in no way be construed as advocacy on the part of **Science Dimension. Ed.***

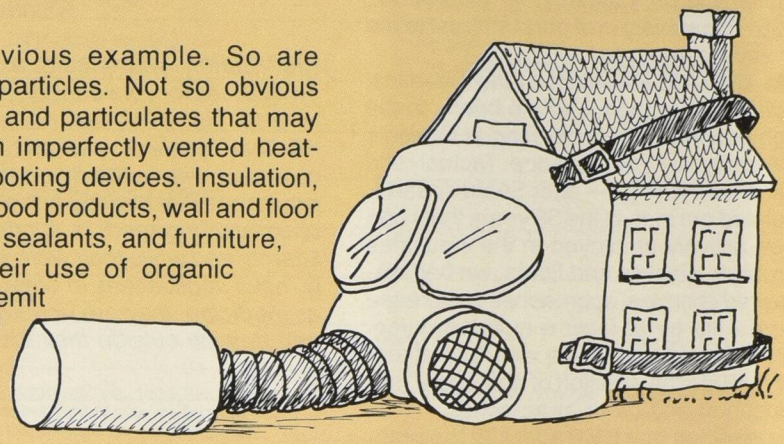
Capsules

A Scientific Look at Indoor Air Quality

Deep breathing is supposed to be good for us, but science is beginning to throw up a caution sign. Questions about indoor air moved onto the public agenda in Canada a few years ago, when concerns arose that chemical fumes from urea-formaldehyde foam insulation could be causing ill health. At about the same time, countries such as West Germany became concerned with formaldehyde emissions from particle board and Scandinavians discovered that radon from soil and rocks was entering their buildings at worrisome levels.

In the march to conserve precious energy supplies, we have not only plugged up leaky houses, but also cut down on fresh air intake in office buildings. These measures can have the undesirable side effect of allowing increased accumulations of pollutants generated indoors where we spend most of our time. One result is that mechanical ventilation devices for new houses may become a mandatory requirement.

Awareness of the diversity of pollutant sources is increasing. Tobacco smoke with some 3800 gases and particulates so far identified in it, is a rather obvious example. So are asbestos particles. Not so obvious are gases and particulates that may result from imperfectly vented heating and cooking devices. Insulation, pressed wood products, wall and floor coverings, sealants, and furniture, all with their use of organic solvents, emit a variety of gases. Personal care products, air "fresheners", and even hobby and leisure products may spice up the chemical soup we breathe.



Following the UFFI ban, the provincial and federal ministers of health set up a group to develop criteria for 17 indicators of residential indoor air quality. Two years ago the federal Building Energy Conservation Sector (BECS) Research Committee of the Panel on Energy Research and Development made indoor air quality its top priority. Dr. Douglas Walkinshaw, Chairman of BECS, and Coordinator of the Indoor Air Quality Research at NRC/DBR notes that "there is a strong incentive to reduce and make more energy-efficient building air exchange with the outdoors, because of its impact on heating costs. But the challenge right now is to identify pollutants that may linger indoors as a result, and to determine what effect they may have on our health."

A variety of research projects are underway in Canada. Gas chromatography-based mass spectrometry and scanning electron microscopy are being applied to detect and measure gases and particulates in indoor environments. Biological indicators are also under scrutiny. Walkinshaw says, "What we're really looking for is the miner's canary — a warning system that will tell us when we're running into trouble and what to look for before it begins to affect human health."

Bruce Henry is a freelance writer in Toronto.

Beta-Carotene and Cancer

Most children are told "eat your vegetables," more often then they care to hear, but recent work at an NRC laboratory shows how there could be much more to those instructions then anyone has guessed.

Drs. Keith Ingold and Graham Burton have shown chemically how Beta-Carotene, an orange-yellow pigment found in carrots and other vegetables, might exert a protective effect against the onset of cancer. Their work helps explain a study done several years ago that found a lower incidence of cancer among people with an above average intake of Beta-Carotene.

Explains Burton; "One theory about cancer involves free radicals, unstable substances created by radiation, ultraviolet light, drugs, and so forth. Free radicals have an unpaired electron in their structure and in their search for another electron, to achieve chemical stability, they initiate a vicious cyclical chain reaction called autoxidation.

In the autoxidation scenario Burton envisages, the stage is set at the membrane that envelops every cell and cell organelle in the body. Autoxidation begins when a free radical reacts rapidly with molecular oxygen (already present in the body) to form a peroxy radical. The peroxy radical is extremely reactive, and on the hunt for a hydrogen atom. The plasma membrane, partially composed of polyunsaturated fats, contains strings of hydrogen atoms in hydrocarbon chains, and is very vulnerable prey.

The peroxy radical attacks the membrane and strips off a hydrogen ion. The hydrocarbon chain is ripped apart, and another free radical is formed. This free radical continues the cycle by reacting with oxygen to form another peroxy radical, which tears apart another hydrocarbon chain in a membrane, and forms yet another free radical. Thus the reaction races on, and a constantly regenerating army of free radicals marches through the cell membrane, compromising, and eventually destroying it.

Autoxidation can be lethal. Destroying the plasma membrane kills the cell. But the cell is in trouble even

before free radicals have finished off the membrane. While a healthy membrane can prevent cancer causing agents from entering the cell a compromised membrane can't, and the door is virtually left open for carcinogens and other outside agents trying to get in. The cell becomes prone to cancer.

But that's not the only peril it faces. For example, some organelles, such as the lysosomes, contain powerful enzymes for digesting protein and other materials. Membranes around the organelles protect the cell milieu from the enzyme's destructive powers, but once the membrane is weakened their full digestive force is unleashed. The result; the cell is "eaten" by its own enzymes, and dies.

The body has several natural defences to combat autoxidation and the havoc the process causes. Antioxidants (substances that halt the autoxidation chain) are one defence, and until recently Burton thought vitamin E (see Science Dimension 1983/2) was the only antioxidant available to areas of the body that contain fatty substances, like the cell membrane.

"Bruce Ames, a cancer researcher, became interested in our work with vitamin E, in connection with the free radical cancer theory. He thought there might be other lipid soluble antioxidants in the body, and because the literature showed Beta-Carotene might be an anti-cancer agent, he suggested we research it. In the first experiments, done both in pure oxygen and air, Beta-Carotene actually seemed to promote autoxidation rather than stop it."

The scientists were about to give up when they decided to try one more test. This time the oxygen pressure would be dropped to the same level found in human blood capillaries — 10 times less than in the atmosphere. Under these low pressure conditions Beta-Carotene was a strong antioxidant, comparable to vitamin E at high oxygen pressure.

From past work the scientists knew vitamin E could halt the autoxidation chain by "radical trapping," or giving up a hydrogen atom to the peroxy radical before it raids the cell membrane for one. The missing hydrogen atom means one electron is left unpaired. But vitamin E spreads the effect of this unpaired electron over most of the molecule (see diagram), blunting its reactivity. What could have been a very reactive molecule becomes relatively stable instead. Scientists call this burden-sharing process delocalization, and it enables vitamin E to lose a hydrogen ion and not hunt for a replacement.

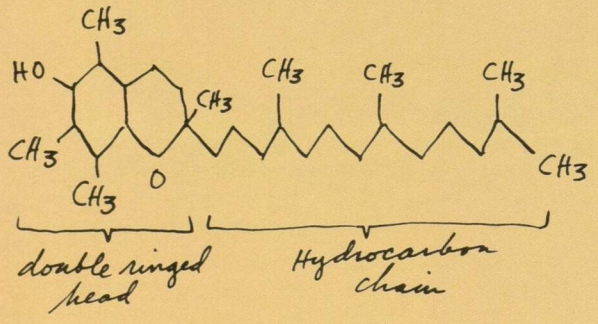
Beta-Carotene traps radicals in a different fashion. One molecule of the pigment combines with a peroxy radical to form a carbon centered radical. This new radical still has one unpaired electron, but like vitamin E it has become delocalized and relatively stable. The rampage of the peroxy radical is stopped, but there *is* one catch.

The carbon centered radical can go on to react with the oxygen and reinitiate the autoxidation chain by forming a peroxy radical. But this reaction only occurs at a substantial rate if the oxygen pressure is high. At low pressure it doesn't happen often enough to make a difference, and in this environment Beta-Carotene acts as an antioxidant.

Burton and Ingold have shown how Beta-Carotene could stop the ravages of free radicals, and, if the free radical cancer theory is right, how the pigment could stop cancer.

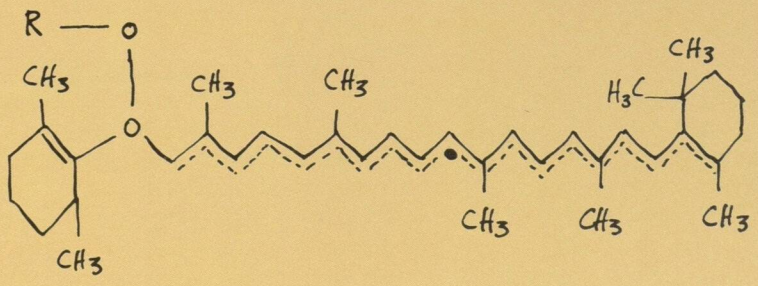
Anne McIlroy is a freelance writer working in Ottawa.

Vitamin E



Vitamin E has a double-ringed head over which the effect of an unpaired electron is spread, thereby nullifying its action.

β-Carotene



β-Carotene forms a 'carbon-centered' radical when it reacts with a peroxy radical (ROO•) carrying an unpaired electron.

Meteorite Tracking

Three astronomers from the National Research Council's Herzberg Institute of Astrophysics who have been studying the frequency of meteorite falls on Earth recently had a paper published in *Science*, the prestigious journal of the American Association for the Advancement of Science.

"The paper presents the most reliable data on the frequency of meteorite falls," says Ian Halliday, who along with Alan T. Blackwell and Arthur A. Griffin wrote the report. The men reported on observations made over a nine-year period by the Meteorite Observation and Recovery Project (MORP), a network of 60 cameras in Western Canada. Although similar camera networks have been photographing fireballs (very bright chunks of matter that may fragment into meteorites) for the last two decades, Halliday says his team is the first to use the information the cameras returned to determine the influx rate of meteorites that reach the ground.

Explains Halliday: "In previous efforts to determine the influx rate, scientists simply counted the number of meteorites found on the ground in highly populated areas. In our approach we say we've been watching this much sky for this period of time and saw this many meteorites of a certain mass fall. To my knowledge the other camera networks didn't take this kind of approach, and were basically used to help locate meteorites and to study their orbits."

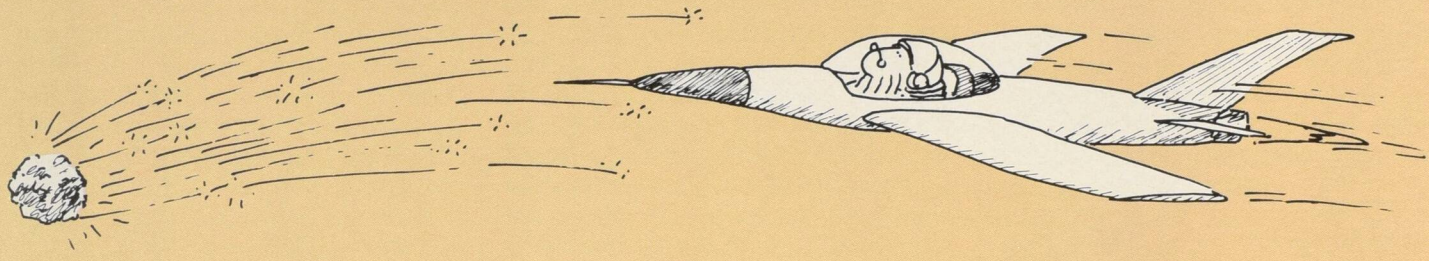
The Canadian network also helps recover meteorites. The cameras can operate only at night, and when the sky is cloud free. They photograph fireballs travelling between 11 and 72 km/s when they are 90 to 20 km away from the Earth. When fireballs plummet closer than 20 km they slow down and are no longer luminous. As it would with any dark object at night, the camera loses track of the meteorite and Halliday and his colleagues must try to predict mathematically the path it will take.

The men know to within a few hundred metres the location of the meteorite when the cameras lost it and they can estimate the rate of deceleration. They also estimate the mass, although unknown factors such as the metorite's shape make the task difficult. All the information is plugged into a standard ballistic equation and they can then predict within a few square kilometres where the meteorite should land.

A few square kilometres may seem like a small area to search, but if it happens to be a swamp or a forest, the difficulties can be enormous. Halliday says most scientists looking for meteorites run into this sort of physical problem and each of the three camera networks in the world has recorded only one event in which photographs of a fireball were used successfully to locate pieces of meteorite.

The Canadian success came seven years ago, in February 1977, when the astronomers on snowmobiles recovered a 2 kg chunk of meteorite near the predicted landing sites. Spring came, and when the snow melted several more pieces were found, making the meteorite recovery one of the most complete in the world, according to Halliday.

But successful recoveries are few and far between. Sometimes meteorites are consumed by their own fire and never reach Earth. The wind can also wreak havoc on calculations, says Halliday, even when the best weather information available is taken into account. The challenges of meteorite recovery are many, and as Halliday, Blackwell and Griffen conclude in their report, "It is obvious that only a very small portion of the potential harvest is ever located."

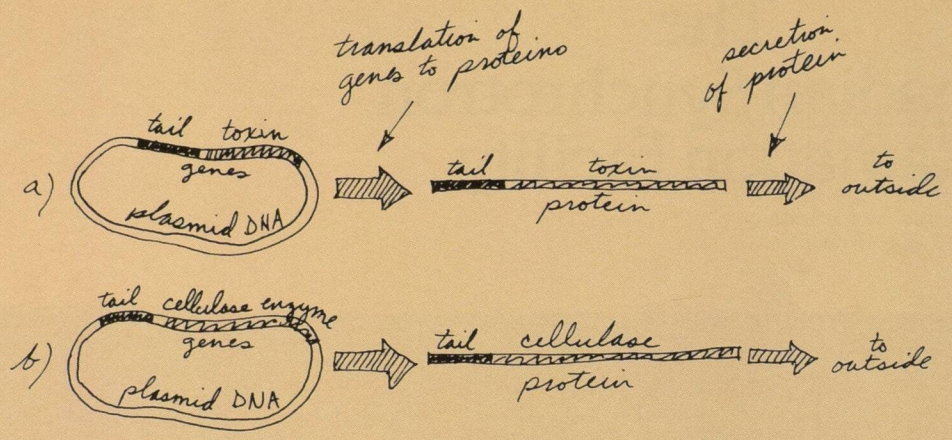


Anne McIlroy is a freelance writer working in Ottawa.

Protein-Secreting Yeast

Producing medically-important proteins and polypeptides by inserting their genes into yeasts or bacteria is only the first step on the path to commercial production of such substances. The next important task, particularly from an economic point of view, is to purify these valued proteins from the host of other biological molecules in the system. Genetic engineers are now tackling this problem, and one possible solution being investigated by an NRC lab in Ottawa is to get the microorganism — yeast in this case — to secrete the protein. That way, it would not be necessary, as it is in current harvesting methods, to first rupture the microorganisms in order to isolate the protein from all the other molecules that spill out of the living system.

Dr. David Thomas, along with research associates Drs. Nigel Skipper and Peter Lau, working at NRC's Division of Biological Sciences, have spent the last three years looking into the mechanisms by which certain yeast cells secrete proteins as a part of their normal function. Their idea was to harness this natural exiting mechanism to the job of transporting valued proteins produced as a result of genetic engineering techniques. Last March, the NRC team took out a patent jointly with McGill University in Montreal on just such a mechanism.



a) a yeast plasmid with tail-toxin genes added; when translated into protein the tail allows toxin to exit cell.

b) the same scenario, with a valued protein (cellulase here) substituting for the toxin.

Thomas and his colleagues, along with Suzan Lolle and Howard Bussy at McGill, began their study by identifying a yeast species which routinely secretes a protein through its cellular membrane wall and out into its environment. The protein in this case was a toxic substance used by the microorganism to kill other yeast types competing for nutrients in the medium. They knew from other research that, in order to pass the toxin protein to the outside, the yeast system first fits it with a long polypeptide 'tail' which hooks it into the secretory conduit. If they could contrive to connect such a tail up to a protein of value, then it too might be transported out in the same easy manner.

The first step for the team was to isolate the yeast gene for the secretory tail-toxin protein and implant it in a yeast species which did not normally produce the toxin. That way, they could readily monitor the success of the gene insertion and the consequent secretion of the toxic protein.

To carry out such an implant, they performed what has become a routine procedure for bioscientists working with genetic engineering or 'recombinant DNA' techniques. They removed a naturally-occurring loop of DNA from normal yeast (called a 'plasmid') and spliced the gene code for the tail-toxin proteins into the loop. Next, they re-inserted the plasmid 'hybrid' into the microorganism and placed it in a nutrient medium for growth and reproduction. On testing the modified yeast some time later, Thomas found that, indeed, it was secreting the toxin protein out into the nutrient medium. It now remains for the NRC-McGill team to splice genes for valued proteins into the region carrying the toxin gene to see if the secretory system works for all manner of proteins. Thomas indicates that the lab's preliminary evidence is quite promising.

One intriguing prospect for the system is to introduce the gene for a cellulose-degrading enzyme (called 'cellulase') into the secretory vehicle. The scientists foresee a process in which wood (cellulose fibre) is fed to yeast cells modified to secrete cellulase; the enzyme would break the cellulose down to glucose sugars, which would then be ingested and metabolized by the yeast cells to produce ethanol, a valuable fuel and feedstock for the chemical industry. It would be a biotechnological dream machine — wood in, ethanol out.

Thomas cautions, however, that much more work needs to be done. Although this secretion technology has attracted the attention of several biotechnology companies, further basic research is needed to solve the many problems associated with the system.

Peggy Herring is a freelance writer working in Ottawa.

Illustrations by John Bianchi

The Canadian Synchrotron Radiation Facility

An Electron Halo At Work

by Bill Atkinson

Intense radiation from particle accelerators, once considered a curiosity, is casting a revealing new light on objects as diverse as cells and microchips

"Research that knows what it's going to uncover," says one eminent physicist, "does not merit the name of research."

The history of science bears him out, for such key discoveries as X-rays and penicillin first emerged as footnotes to some other goal. Consider, too, the synchrotrons. These high-energy tools accelerate electrons with synchronized electric and magnetic fields (*Synchrotron = synchro*nously-accelerated elec*tron*). They have had brilliant success in their primary aim of subatomic research; but as a byproduct, synchrotrons also produce a radically different kind of illumination whenever they force electrons within them to change course.

At first, this 'synchrotron radiation' was a mere curiosity. But then radio astronomers discovered huge natural sources of it in the sky. And more recently, biologists and computer engineers have turned to artificial synchrotron radiation for a fascinating new window on the extremely small.

"Synchrotron radiation provides a broad, continuous electromagnetic spectrum," says Dr. Norm Sherman of NRC's Division of Physics. "It's a palette of many different photon wavelengths, from radio through visible light to the X-rays with longer wavelengths that we call 'soft'. It's not like a laser, which puts out only one wavelength at a time."

Sherman oversees funding for the Canadian Synchrotron Radiation Facility (CSRF), NRC's newest national facility. Such facilities are technical and scientific installations too expensive for a single province or corporation to afford: telescopes, wave tanks, and wind tunnels are examples. Except for the Canada-France-Hawaii Telescope, the CSRF is the only national facility outside Canada. To use it, Canadian 'suitcase scientists' must commute to TANTALUS, an electron-storage ring outside Madison, Wisconsin.

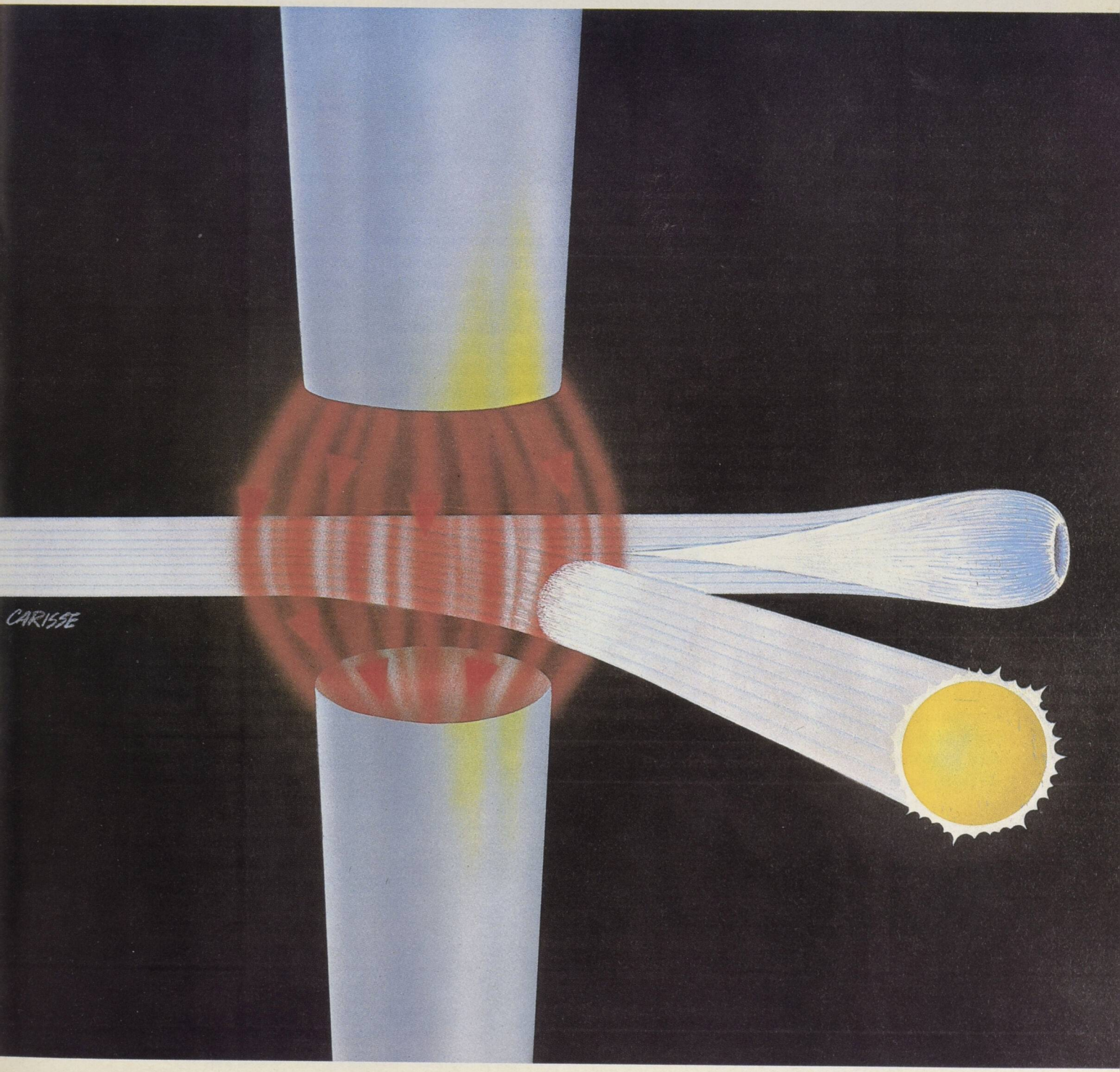
"TANTALUS is a 'workhorse ring,' expressly designed to produce synchrotron radiation," Sherman says. "In plan, it's a hollow doughnut ten metres across, with a number of openings, called beam ports, in its sides. Electrons are accelerated to a little less than the speed of light inside the ring, which is kept at very high vacuum — about one ten-trillionth of an atmosphere. At every point where magnets deflect the electron beam, synchrotron radiation emerges through a beam port and enters a beam line, where experiments are done on it."

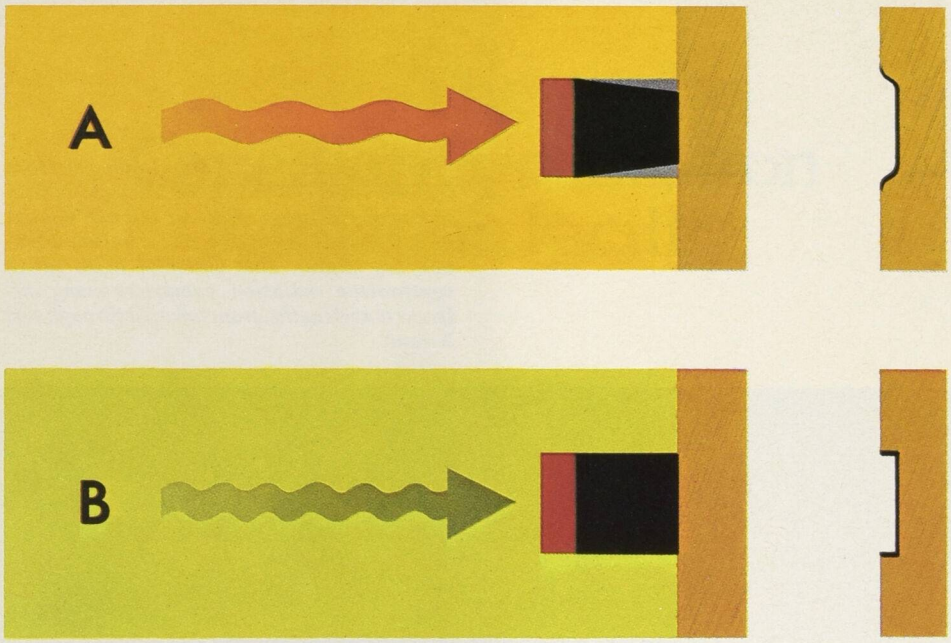
TANTALUS has several beam lines. The CSRF comprises one of these, owned by Canada and attached to a beam port donated by the University of Wisconsin. According to Sherman, this arrangement benefits both parties.

"A new electron storage ring would have cost Canada up to ten million dollars, plus instruments. Here, we have equivalent benefits for the price of the instruments alone." What's in it for Wisconsin? "We bought our most expensive single instrument from a local Wisconsin company. But their principal motive is simple generosity. Undeniably, giving their northern neighbours exclusive use of a TANTALUS beam port was a handsome thing to do."

The expensive instrument to which Sherman refers is called a 'grasshopper monochromator.' The second word means 'single-colour

Where it comes from: *A fast-moving electron* (**yellow sphere**) *deflected by a magnetic field (arrowed red lines) emits an intense 'photon bullet' shaped something like a hollow baseball bat* (**right**). *This bullet of light, called synchrotron radiation, comprises many different wavelengths, from infrared through soft X-rays.*





Carisse Graphic Design Ltd.

What it does: *One possible industrial use for synchrotron radiation might be in 'photo-resist etching,' a technique which now produces microcircuitry. In this technique, light is blocked by a mask* (**red**) *whose shadow falls on a resist* (**buff tone**). *A chemical developing process then removes material not exposed to light, i.e. in the mask's shadow. This duplicates the mask's pattern permanently in the resist.*

(A) Longer-wavelength light currently in use for commercial photo-resist etching (**orange arrow, top**) *diffracts around edges of small masks to create a partially-exposed region* (**grey triangles**). *This places a lower limit on the size of pattern which can be reproduced without unacceptable blurring. (B) 'Soft' X-rays from synchrotron radiation, however,* (**grey arrow, bottom**) *have a shorter wavelength, diffract less, and make a sharper shadow pattern* (**bottom right**) *— allowing smaller microcircuitry.*

measurer,' which is what the instrument does: it selects a unique photon energy from the whole spectrum of radiation that TANTALUS provides. 'Grasshopper' is a whimsical reference to the monochromator's appearance. A hinged arm, looking like a grasshopper's hind leg, pivots a diffraction grating to change the angle at which synchrotron light meets it. Finetuning this 'grazing angle' determines which wavelength emerges from the monochromator into the beam line downstream.

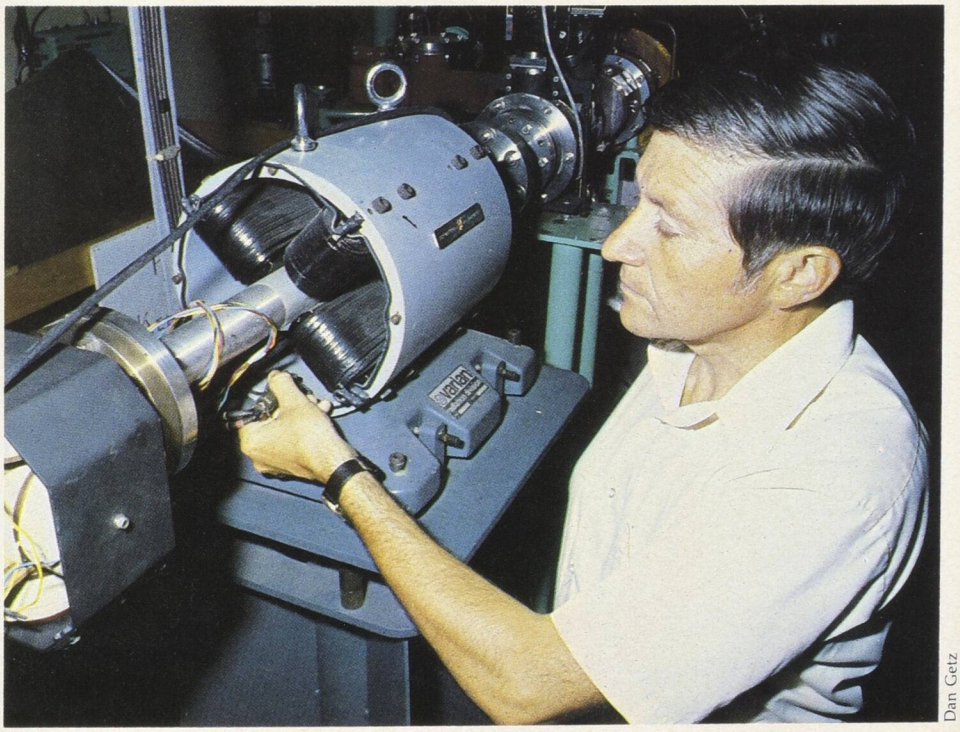
Researchers at the Facility, working with this selected wavelength from the synchrotron spectrum, then apply it to various experiments. Dr. Mike Bancroft of the University of Western Ontario, which provides most of the scientific personnel, uses wavelengths in the region between ultraviolet and X-rays to probe the nature of molecules.

"The technique is called photo-electron spectroscopy," Bancroft says. "We feed synchrotron photons into an experimental sample, intercept the electrons that emerge, and then infer data about the molecules they came from." Although this technique is not original, TANTALUS' special light has allowed Bancroft and his graduate students a tenfold improvement in its precision.

"At ultraviolet wavelengths," Bancroft says, "The CSRF gives us the best photo-electron resolution in the world."

Bancroft is pursuing two things. First, he is measuring ionization potentials for many large inorganic atoms and molecules. Ionization potential, the energy needed to strip an electron completely away from the atomic nucleus to which it is bound, is a key indicator of a molecule's chemical properties — for instance, the speed at which it can react with other substances. Second, Bancroft investigates the orbital energy levels of molecules, with a long-term view toward clarifying the basic nature of chemical bonds. "It's pure research," he says with a smile. "I can't give you any current applications, except to assure you there will certainly be some. What's more, when they do appear they may be completely unexpected, like synchrotron light itself."

Shorter wavelengths from TANTALUS' cornucopia are opening up



Dan Getz

Dr. Norm Sherman: Overseeing the photon palette.

a new field of biology for other Canadians working with the CSRF. In present techniques of electron microscopy, the sample examined is thoroughly dead — sometimes frozen, always desiccated. But because water makes up most of the volume of living things, removing it can distort cell shapes. In addition, freezing often ruptures the delicate microstructures inside a cell, so that the biologist sees not life but life's wreckage. The soft X-rays from TANTALUS, however, let microscopists examine cells that are still alive — or almost.

"Our cells are still living when we attach them to our viewing stratum, which is an acrylic plastic," says K.H. Tan, a postdoctoral fellow working with Bancroft. "The X-rays fry the cells, true, but at least they're fried in place, which gives us a better idea of how the living cell is put together.

"You could say we're taking snapshots. The instant a snapshot's taken, it's not quite like life any more; but it does represent life at the instant the shutter clicked. Synchrotron X-ray microscopy is much closer to genuine stop-action than are current freeze-cleave techniques."

Another use for synchrotron radiation is 'photo-resist etching.' This technique places a mask, or pattern, between the monochromator light-source and a special light-sensitive surface. When an exposure is made, synchrotron light reaches this surface, causing molecular change, only where there has been no shadow from the intervening pattern. Developing the exposed surface results in a photographic duplication of the original mask. Again, this technique is far from new; but the unique properties of synchrotron radiation have transformed it.

"The shorter the wavelength, the sharper the image one can produce with photo-resist etching," says Dr. Doug Shinozaki, an engineer at the University of Western Ontario. "Longer wavelengths diffract more around a pattern's edge, blurring the shadow it casts on the light-sensitive surface. Industry now uses radiation with a wavelength of about a thousand nanometers to photo-etch its integrated microcircuits in silicon chips; but by contrast, TANTALUS provides a strong source of photons down to only five nanometers. There's a potential here for microcircuits the same size as currently produced but 200 times more accurate, or else equally accurate but 200 times as small."

Best of all, say Shinozaki and Bancroft, all research done to date by the CSRF on TANTALUS is just a warm-up. The University of Wisconsin is currently completing ALADDIN, a new electron storage ring with twice the size, and four times the energy, of TANTALUS. When it comes on stream, ALADDIN will provide an even higher intensity of synchrotron radiation. And, thanks to Wisconsin's continuing generosity, the whole Canadian Synchrotron Radiation Facility can then pack up its suitcases and move to its new workhorse, grasshopper monochromator and all.

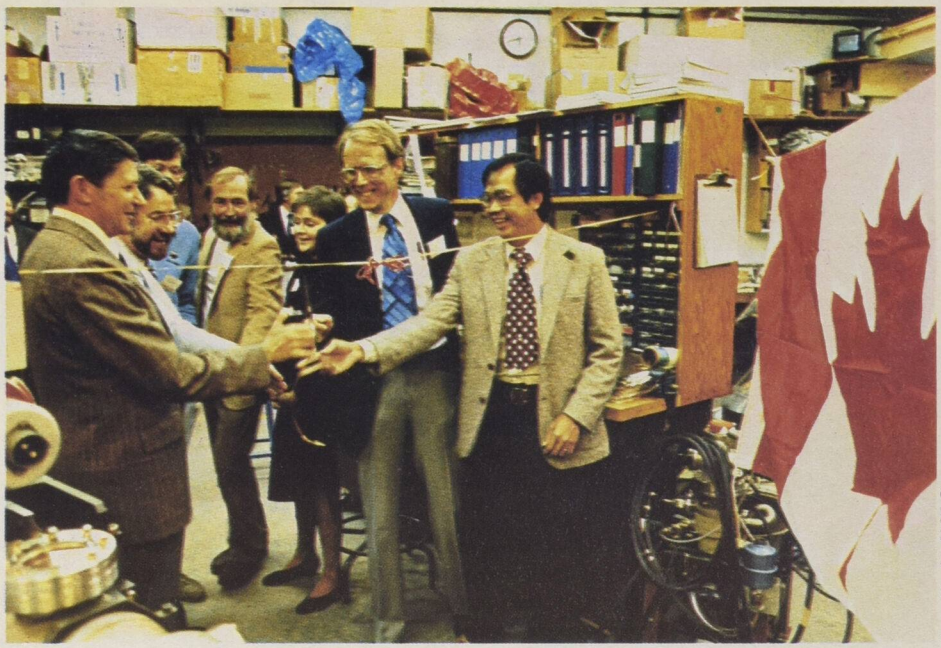


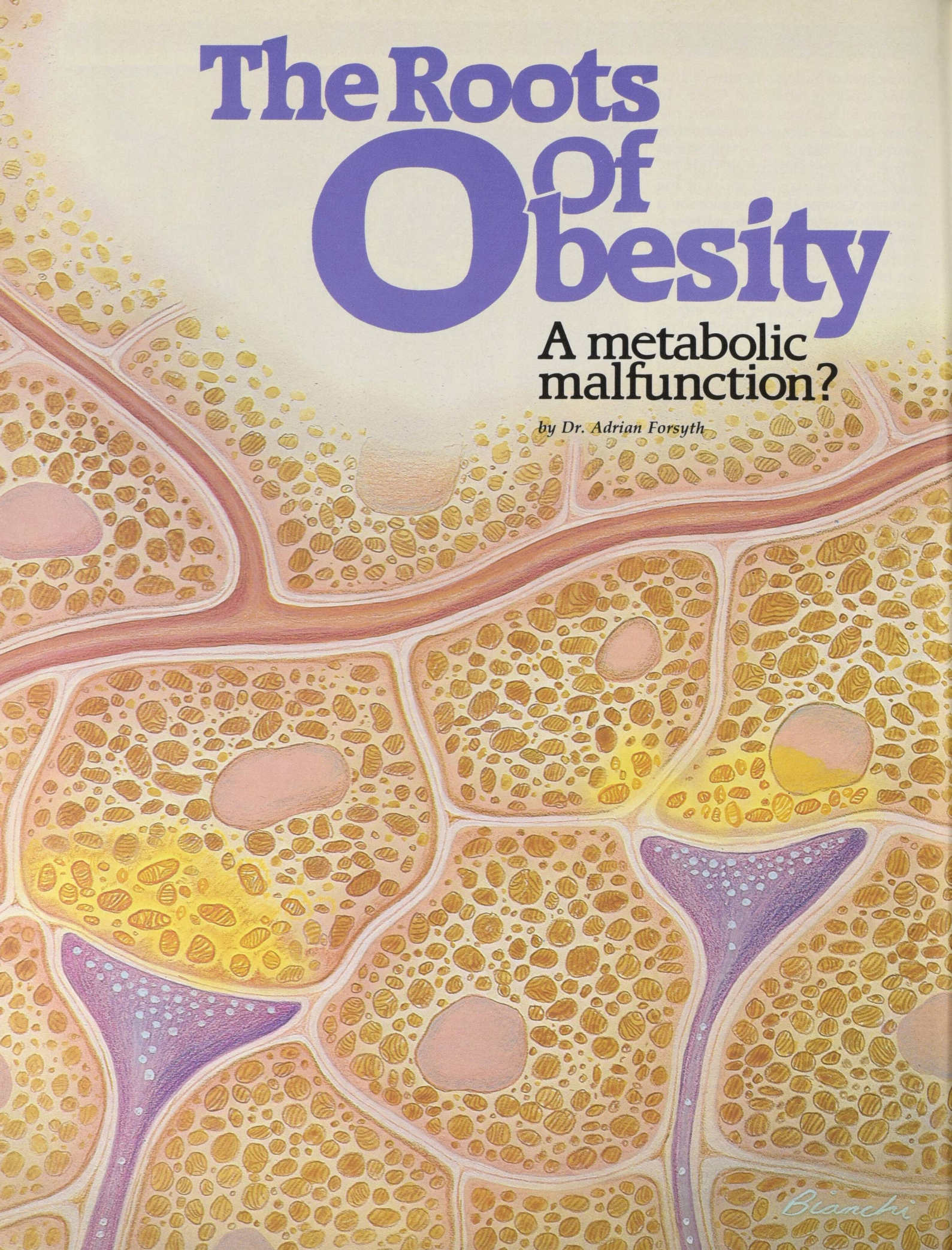
Photo Credit: U.W.O.

Wisconsin, 1983: Dedicating the halo. Left to right: Norman Sherman (NRC), Bill McGowan (UWO), Brian Yates (UWO), Ed Rowe (Director, Synchrotron Radiation Center, University of Wisconsin), Brenda Addison (UWO), Mike Bancroft (UWO), Kim Tan (research associate in charge of Canadian beam line).

The Roots of Obesity

A metabolic malfunction?

by Dr. Adrian Forsyth



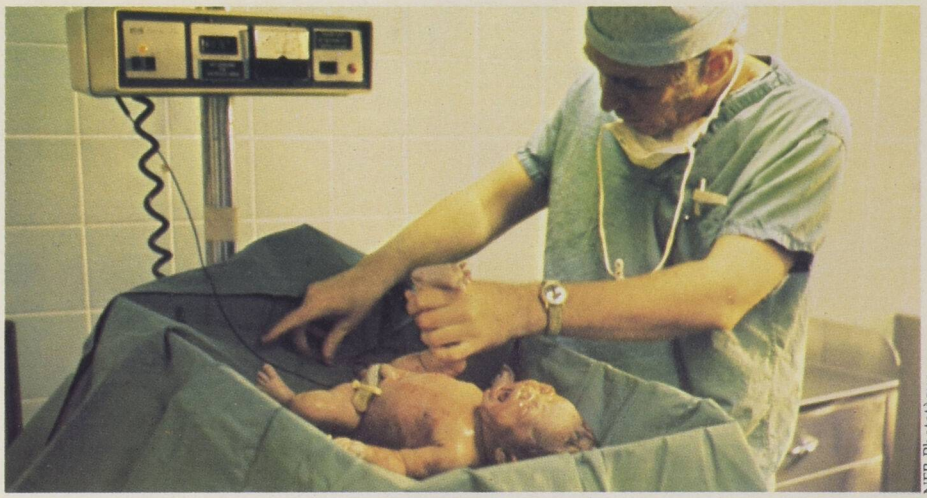
The mathematics of obesity are deceptively simple: calories in are greater than calories out. People who eat more calories than they use get fat (although calories are still used in the general parlance, the metric measure of energy is the joule).

Unfortunately, only part of the obesity equation, the energy content of the diet, is easily calculated. Measuring and understanding how the body adjusts its metabolism to burn off surplus joules is much more difficult. However, Canadian researchers have made some significant advances in understanding how our bodies achieve energy control. They have found that a special tissue known as Brown Fat or Brown Adipose Tissue (BAT) plays a major role in burning off excess energy and that a defect in BAT can lead to obesity. The history of these discoveries about BAT is a classic example of the way pure biological research produces results of great human significance.

BAT was first described four centuries ago as a reddish-brown layer of fatty tissue between the shoulder blades and around the neck and heart of hibernating European marmots (*Muris alpinus*). BAT was subsequently found in other small mammals such as bats, rats, guinea pigs, hedgehogs, and especially in species which hibernate or are exposed to cold environments. It was also found in newborn humans. Over the centuries BAT was considered a hibernating gland, an endocrine gland, a fat storage tissue, even an organ for manufacturing blood.

How Brown Adipose Tissue works. BAT, a tissue rich in blood vessels and connected to the sympathetic nervous system (purple), gets its heat-generating ability and color from the large numbers of mitochondria (brown, hatched bodies) packed into each cell. The mitochondrion is the cell's powerhouse, breaking down food molecules like fatty acids to produce adenosine triphosphate (ATP), a high-energy substance that drives cellular metabolism. When the body detects a temperature drop, the sympathetic nervous system releases the neurotransmitter noradrenaline (blue dots) which signal the mitochondria to begin oxidizing fatty acids. Instead of producing ATP like other tissue cells, however, BAT mitochondria are 'uncoupled', and release the food energy as heat — up to 80 times as much as other cells. This kind of 'thermogenesis' maintains the body temperature of mammals in response to cold, and is also thought to act as a weight regulator by burning off excess food energy.

John Bianchi



NFB Photothèque

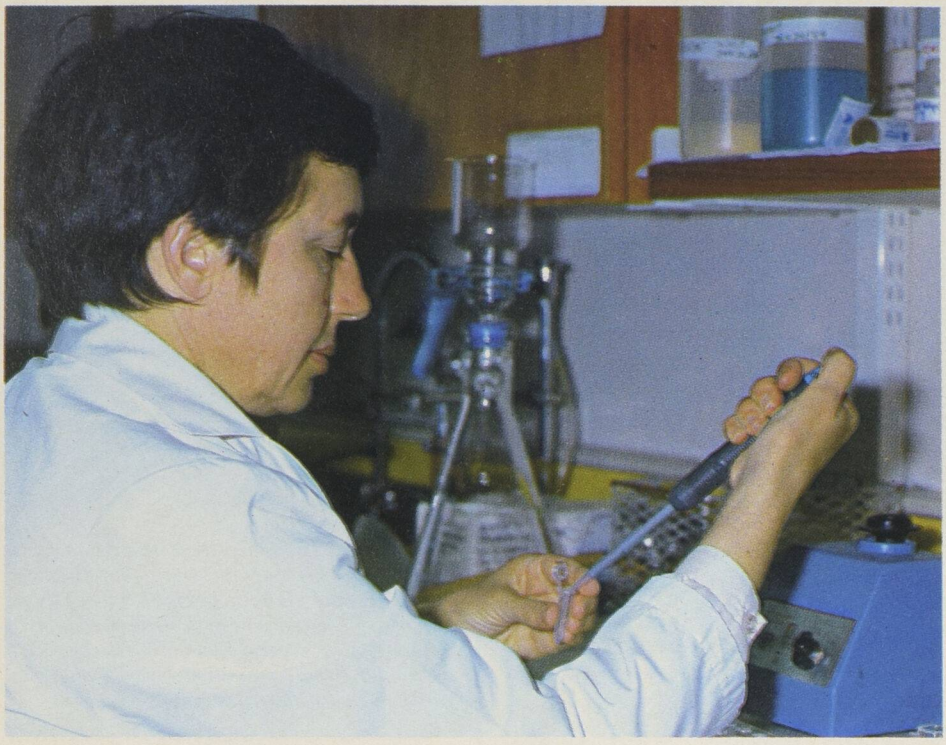
Like all newborn babies, this infant has deposits of brown fat between his shoulder blades, around his neck, behind his breastbone and along his spine. These deposits seem to vanish within several days of birth, but BAT cells have been found dispersed through the white adipose tissues of adult humans.

All of these ideas were wrong. The function of BAT turned out to be fundamentally different, indeed almost the reverse, of regular white fat (adipose tissue). White fat tissue stores joules in the form of lipid molecules and also acts as insulation holding heat in the body. In contrast, BAT is a metabolic furnace capable of producing large amounts of heat to warm vital organs such as the heart and brain.

BAT is not the only tissue involved in heat production and joule balance. All living cells produce heat as a byproduct of their biochemical reactions. In addition to this obligatory heat production there are also facultative or optional heat sources which mammals can use to thermoregulate; for example, the muscular contractions of exercise and movement generate heat. Likewise, shivering produces heat. But shivering and other muscular movements have several disadvantages as a means of maintaining body temperature. Muscles that are needed for coordinated movements such as running or walking obviously must suppress shivering if they are to function smoothly. Shivering and motion render small mammals conspicuous to sharp-eyed predators, and some newborn mammals such as human babies simply cannot shiver.

There is an alternative to shivering or exercise which can be demonstrated using an injection of curare, the drug found in tropical vines and used by various Amerindians on blowgun darts to knock monkeys, macaws, and other food sources out of the tree tops. Curare has a paralytic action on animals because it inhibits transmission of nerve impulses to the muscles. Rats injected with curare cannot shiver, indeed, they cannot move at all. However, when they are subjected to cold stress they are still able to respond with an increase in heat production. It is BAT that is responsible for most of this "nonshivering thermogenesis."

BAT gets both its heat generating abilities and its characteristic colour from a high density of large mitochondria packed with cytochrome proteins (mitochondria are the 'powerhouses' of the cell). BAT has a rich supply of blood vessels and connections with the sympathetic nervous system. When the body detects a shift in the temperature of the environment, a shift as slight as 2°C, the sympathetic nervous system is stimulated to release the neurotransmitter noradrenaline. This turns on the mitochondria. These organelles usually produce ATP or adenosine triphosphate molecules which act as a form of energy currency in all cells. BAT mitochondria are somehow adjusted such that the chemical reactions that tap off the energy in food molecules to manufacture ATP are uncoupled. Instead, BAT mitochon-



Dan Getz

Dr. Jean Himms-Hagen

dria break food molecules down, especially fatty acids, to produce, not chemical energy in the form of ATP, but large amounts of heat — up to 80 times more than other cells.

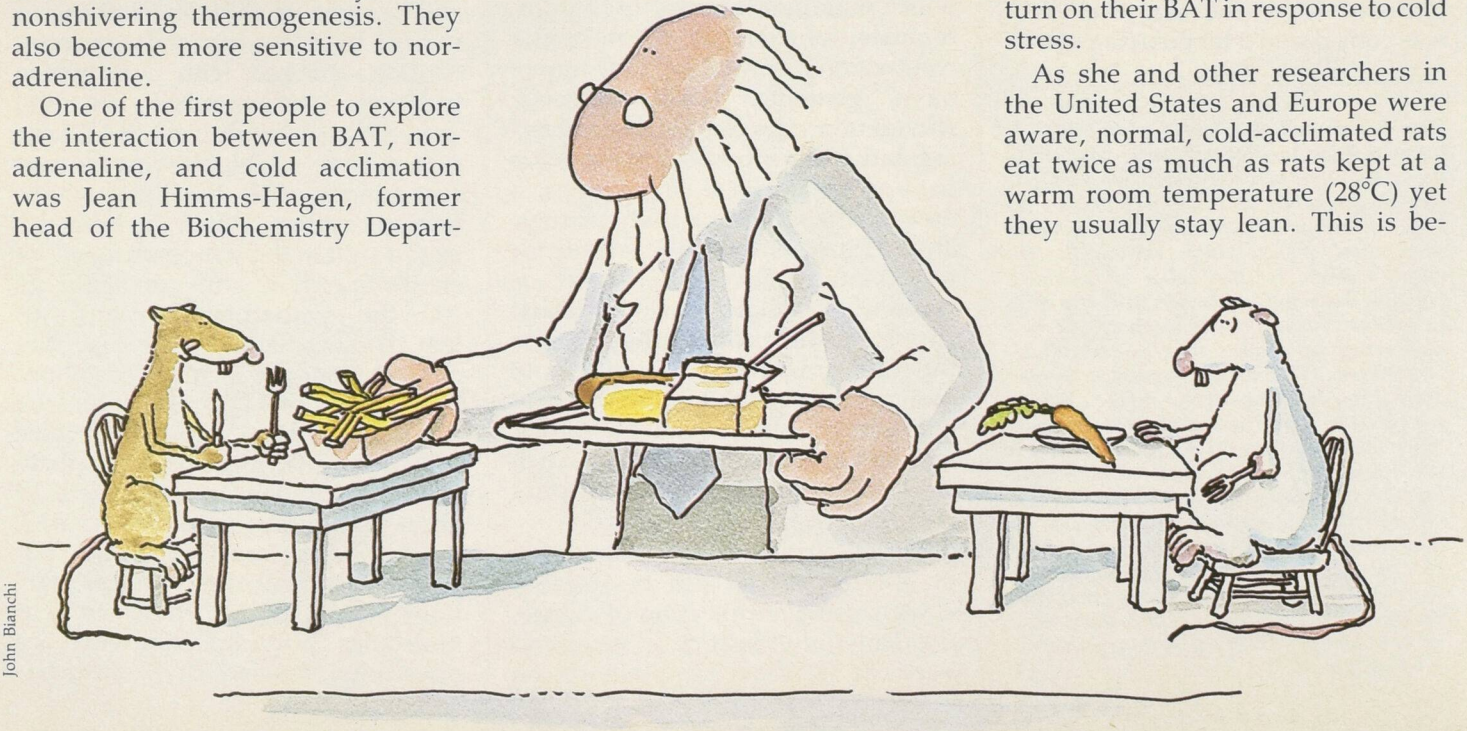
BAT responds not only to short-term temperature changes but also to long-term climatic changes. Under cold stress this tissue in rats can double in mass and its mitochondria numbers can increase twelve-fold. Thus rats or hamsters placed in a 6°C environment shiver at first but after a few weeks they stop shivering and heat themselves entirely with nonshivering thermogenesis. They also become more sensitive to noradrenaline.

One of the first people to explore the interaction between BAT, noradrenaline, and cold acclimation was Jean Himms-Hagen, former head of the Biochemistry Department at the University of Ottawa. Himms-Hagen began her career in 1958 with an Oxford Ph.D. which examined the effect of catecholamines, hormones such as adrenaline and noradrenaline, on metabolism. At that time, the function of BAT was still unknown. She did postdoctorate work at Harvard where there was a group studying the effect of catecholamines on lipid (fat) metabolism in both white and brown adipose tissue. She was thus in the centre of things when the first demonstrations of brown fat function were published in 1961.

When she began looking at how noradrenaline influenced the activity of BAT, the importance of the tissue was still poorly understood. Few investigators accorded it a major role in mammalian heat regulation. Indeed, throughout much of the 1960's and 1970's, much of the research on BAT focussed on its mitochondria rather than on the significance of BAT itself. However, in the late 1970's, Dr. David Foster, an NRC physiologist, conducted some crucial experiments which clearly showed that the tissue could play a major role in the thermal biology of mammals. When Himms-Hagen began to champion the view that BAT and *obesity* might be connected, it was Foster's work which provided the quantitative foundation for the theory.

Himms-Hagen developed the notion that human obesity and BAT might be linked from several observations that were seemingly unrelated at the time they were discovered. There are genetic strains of mice which have an inherited tendency to be obese. In the 1950's several researchers found that these genetically obese mice were poorly adapted to deal with cold stress. In fact, they die within hours when kept at 4°C. Himms-Hagen found that these mice lacked the ability to turn on their BAT in response to cold stress.

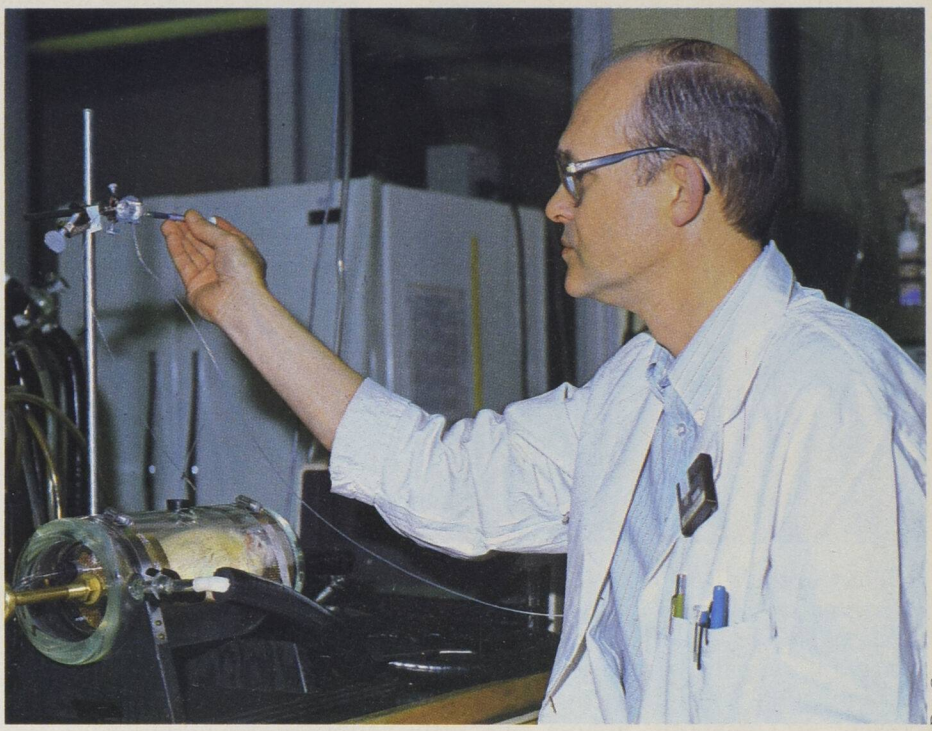
As she and other researchers in the United States and Europe were aware, normal, cold-acclimated rats eat twice as much as rats kept at a warm room temperature (28°C) yet they usually stay lean. This is be-



John Bianchi

cause BAT is turned on by cold and burns off large amounts of energy. Genetically obese rats on the other hand do have BAT and it does enlarge in response to cold stress, or feeding on what is called a "cafeteria diet" of optional foods which encourages the animals to overeat. But Himms-Hagen found that the BAT in these obese rats failed to respond to the release of noradrenaline triggered by cold stimuli. Other experimenters had made similar observations on obese humans. Normal humans respond to an infusion of noradrenaline by raising their metabolic rate by 10-20 per cent. Obese subjects were observed to have a significantly lower response to noradrenaline.

This finding dovetailed neatly with observations made by Nancy Rothwell and Michael Stock of the University of London. They found that normal rats get fat on a cafeteria diet, but their weight gain is less than one would predict from the caloric content of the food. This discrepancy suddenly made sense when considered in the light of findings by another group of physiologists studying the activity of the sympathetic nervous system. In contrast to what had been thought previously, eating was found to stimulate the sympathetic nervous system and cause the release of noradrenaline. And Rothwell and Stock found the eating binge inspired by the cafeteria diet did in fact stimulate the growth and activity of BAT. Taken together, the observations of Himms-Hagen, Rothwell and Stock, and others suggested that BAT was involved both in acclimation to cold *and* in obesity.

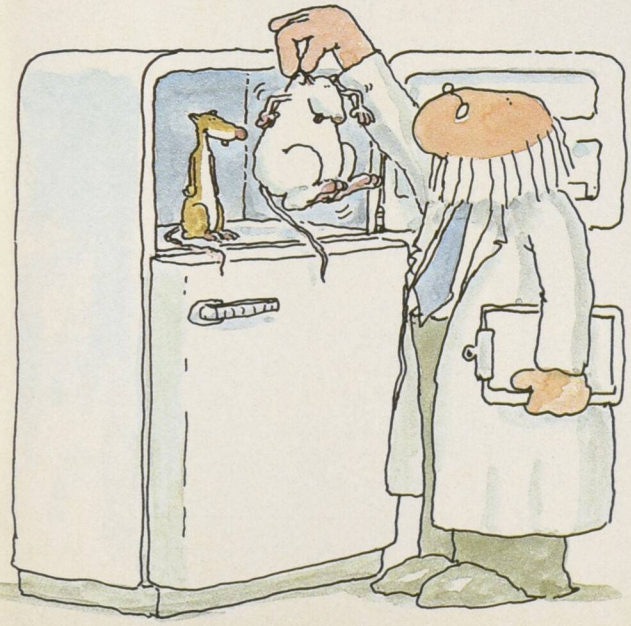


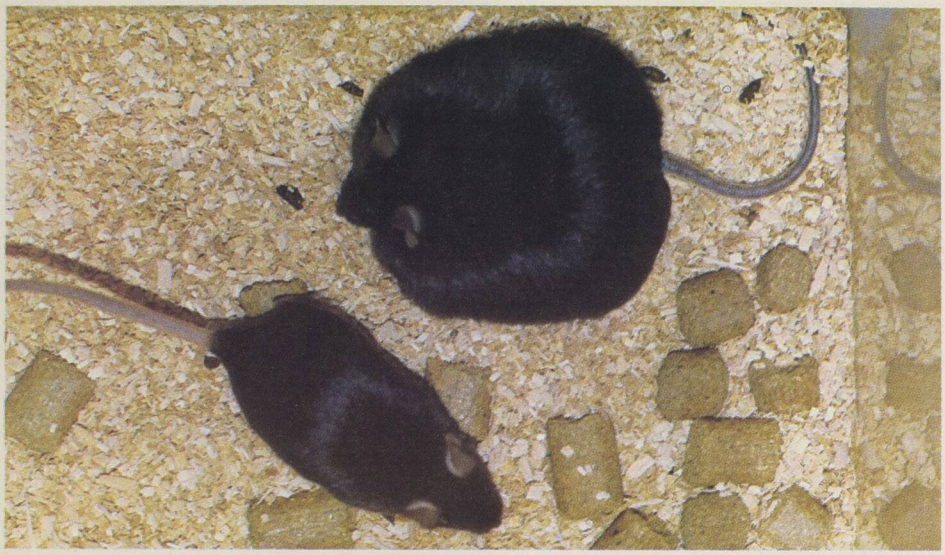
Dan Getz

Dr. David Foster

The adaptive evolutionary significance of this has not been studied, but one possible value of this "diet-induced thermogenesis" is that it would enable an animal to eat its way through large amounts of food in the quest for essential vitamins, trace elements, or protein. An individual confined to a diet primarily of starchy tubers might need to ingest huge volumes of the food simply to get enough protein. BAT and diet-induced thermogenesis would make this possible while avoiding the problem of obesity. Omnivores such as ourselves perhaps depend on BAT to buffer our bodies against a variable diet so that intake of energy and nutrients, and the maintenance of fat reserves are balanced by the radiation of heat.

The idea that obesity may be related to a defect in the thermal generating capacity of an individual has been around for at least 80 years, but the suggestion that some human adults may suffer obesity because of





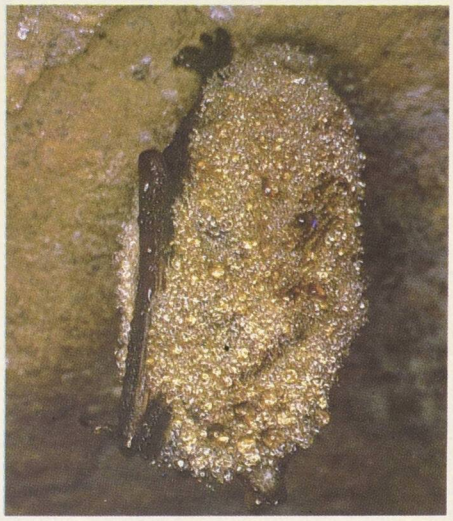
Dan Getz

A genetically obese rat (he gets fat no matter what he eats) alongside a normal-sized one.

a defect in their BAT is novel. Most estimates calculated BAT heat production should be of little significance in animals of greater than 10 kg weight. In humans the BAT present in newborn infants appeared to vanish within several days of birth. Rothwell and Stock, however, showed that a noradrenaline injection causes a skin temperature rise in the same areas that BAT is found in infants. And, their finding was buttressed by Japanese anatomical studies which found BAT cells dispersed though the white adipose tissues of adult humans.

In spite of this, there was debate over how important BAT was. Other organs were involved in nonshivering thermogenesis. Some investigators claimed that BAT could account for only 10 per cent of an animal's nonshivering heat production. Himms-Hagen emphasizes that the defeat of this view came unexpectedly when David Foster established BAT's importance. Foster did not set out to demonstrate the importance of BAT; actually, he was trying to determine in rats which muscles were major heat sources. In the process of this work, he developed a technique which accurately measured the blood flow to the various tissues. He reasoned that, because metabolic activity requires oxygen (to 'burn' food molecules) and oxygen is supplied by the blood, then any tissue showing a significantly increased blood demand would likely be a heat source. The original blood-flow monitoring technique involved following the path of radioactive substances injected into the blood, but there was no assurance that these tracers diffused into the various tissues at the same rates.

Instead, Foster imbedded his radioactive compound in tiny polystyrene microspheres about twice the diameter of a red blood cell. Because these beads get stuck in the tiny capillaries that service tissues, the more blood that flows into a given tissue, the more lodged beads there are and the higher the radioactive count. When he used his new monitoring system on rats, his results showed that the previous estimates of BAT heat-generating capacity were gross underestimates.



M.B. Fenton

A hibernating bat covered with ice crystals. This bat's BAT is producing heat to warm vital organs.

Foster demonstrated convincingly that BAT was much more significant than previously thought and was capable of producing up to 60-65 per cent of a rat's nonshivering thermogenesis.

Knowing that BAT is the major site of nonshivering thermogenesis provides the rationale for Himms-Hagen's current work, which is devoted to producing general models of how BAT influences obesity.

The research with noradrenaline suggests that obesity might be regulated by hormonal manipulation. In fact, one of Himms-Hagen's former doctoral students is now employed by a large pharmaceutical company in the search for compounds that might metabolically counteract obesity. Thus, medical applications of BAT biochemistry may soon be used to control obesity, and herein lies an important message.

Foster's discovery demonstrates the serendipity of science, how an unanticipated, unsought discovery can suddenly bind results in other disciplines into a coherent general theory. This series of discoveries which led Himms-Hagen to explain the BAT-obesity connection provides a classic illustration of the way biology advances. Ernest Mayr, the Harvard zoologist and historian of science, has argued that "progress in the biological sciences is characterized not so much by individual discoveries, no matter how important, or by the proposal of new theories, but rather by the gradual but decisive development of new concepts." The galvanizing impact of Foster's work or the generality of Himms-Hagen's recent papers could not be realized in isolation but only in the context of a variety of physiological and biochemical discoveries.

Biological research projects may often seem arcane, trivial pursuits of little value to the taxpayers who fund them, and may even seem irrelevant to problems in other areas of biology. This is an inevitable result of the still dimly fathomed complexity of life. As the story of BAT has shown, freedom to pursue research whose significance and destiny is unknown is the root of progress in biology.

Dr. Adrian Forsyth is a freelance writer living in Elgin, Ontario

Putting A Tree In Your Tank

Breaking wood down to alcohol

by Madeleine Vaillancourt

"Saccharification of biomass" is defined as the conversion of cellulosic materials such as wood, peat and agricultural products to sugars which can then be fermented to produce ethyl alcohol, or ethanol. This is the alcohol found in human beverages and it could supplement oil as a motor or heating fuel if we knew how to produce it in large quantities without having to use as much or almost as much energy as it supplies. Sugar beet and sugar cane are ideally suited to producing ethanol, but we cannot cultivate these plants in sufficient quantities to satisfy world demand. Forest biomass, however, is much more attractive in this regard, but is rather more difficult to treat.

A chemical engineer at the Université de Sherbrooke, Dr. Christian Roy, has been working for two years on refining a process for the saccharification of organic material using the techniques of vacuum pyrolysis and acid hydrolysis. "Pyrolysis is a very ancient technique, known for centuries," explains Christian Roy, "It is the chemical decomposition of materials by heat in the absence of oxygen."

Illustration by John Bianchi

"When we heat wood in the open, in the presence of oxygen, the combustion process produces heat and light and reduces the wood to ashes. When we burn it in a closed environment, without oxygen, it carbonizes. In other words, it is converted into charcoal. This is how we make charcoal briquets for our barbecues. Carbonization is one of the oldest methods of thermal conversion, and involves conventional pyrolysis at atmospheric pressure in an inert environment.

"I just came back from Nicaragua," Christian Roy continues. "The carbonization technique still in use there is just like the one our ancestors used. They dig a hole in the ground, stack cordwood in it, ignite it with glowing embers and then cover the whole thing with a layer of earth, leaving a space to act as a flue for the escaping gas. This is how they obtain a charcoal that burns well without smoke, and is light and easy to transport and store. It is possible to duplicate this kind of process under laboratory conditions to study the reactions of conventional pyrolysis."

But to appreciate what happens to wood during pyrolysis, it is necessary to know something of the substances that make it up. There are three in the main, cellulose, hemicellulose, and lignin, with other minor components including resinous 'extractives' and inorganic materials; the content of these substances varies from species to species, but the way they are arranged together is largely the same. Cellulose is a long, polymeric molecule of glucose sugars strung out in a fibre structure which gives wood its strength; pound for pound, wood is stronger than steel. Hemicellulose is another, shorter carbohydrate polymer, and the two are bound together by lignin, a complex molecule containing aromatic rings which acts as a glue. The problem for chemical engineers like Christian Roy is to break down this tightly bound matrix to get at the valued component parts without completely destroying them, as happens in burning. Pyrolysis, as Roy explains, is one way of doing this:

"Let's assume you have an electrically heated tube, which acts as your reaction vessel, filled with an inert gas such as nitrogen. Into this, you introduce some wood chips, which will begin to decompose at temperatures as low as 150°C. The heat will trigger a whole chain of reactions. It produces thermal vibrations which break apart the wood molecules into non-condensable gases such as hydrogen, carbon monoxide, carbon dioxide and water, as well as vaporized organic macromolecules and a solid, charcoal residue. After several minutes in the reactor, the macromolecules undergo all kinds of secondary reactions, such as decomposition or 'cracking', oxidation, reduction and recombination into new molecular forms. The charcoal residue that we get, which is mostly carbon with a little hydrogen and oxygen, makes up approximately 35 per cent by weight of the total organic product. The composition of the remainder is 20 to 30 per cent thick tar and 20 to 25 per cent non-condensable gases and pyrolytic waters which contain a portion of the tar. I only cite these figures as

GREEN GOLD IS AS GOOD AS THE BLACK KIND

All of the vegetation covering the Earth's surface forms a body of material described by the general term "biomass." Dung, manure and other animal wastes are included in this definition while organic fossil materials such as coal and oil are not. Biomass occupies a special place among the group of renewable energy resources. In fact, there are those who see it as having a priceless value, a source of energy which could be used to heat our furnaces and run our engines until the end of time. They already describe it as a kind of "green gold" rivalling oil's black gold, although this is still in the future.

We already know how to derive the alcohols ethanol and methanol from biomass, but the methods are still too inefficient or too expensive to consider for large scale production. In laboratories throughout the world, researchers are working towards a method of converting this green energy into an abundant and cheap source of liquid or gaseous fuel, a product that could, perhaps, compete with oil. Governments and major companies in Canada, the United States and other countries are investing millions of dollars in research aimed at getting the greatest energy value out of biomass.

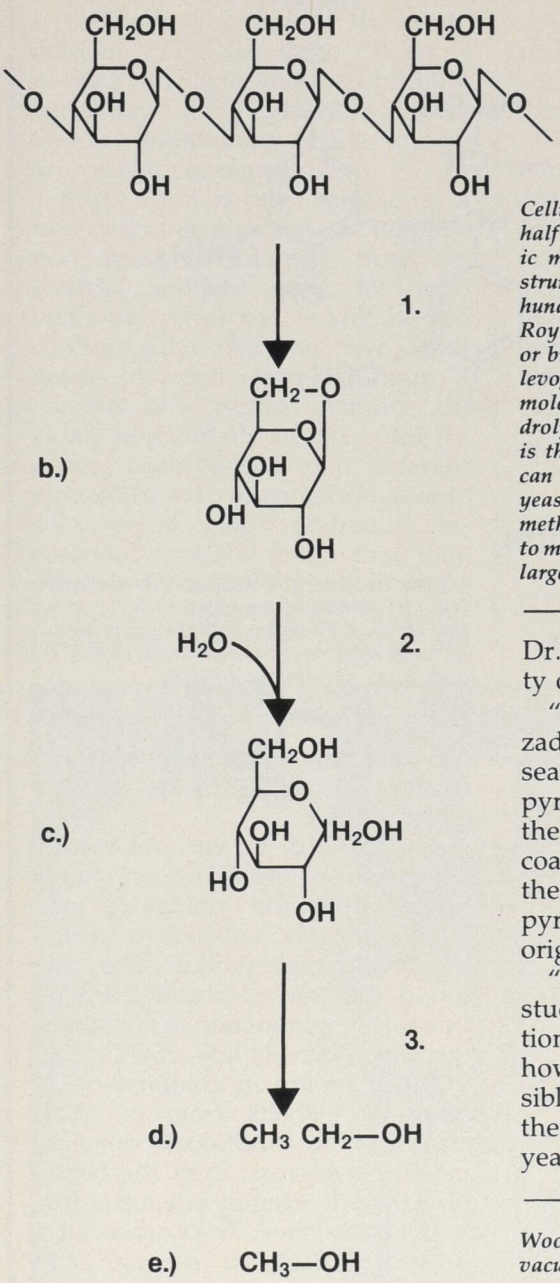
The stakes in this enterprise are very high. The total volume of biomass on the planet is estimated to be about 172 billion tonnes of dry material. This is 20 times greater than the energy from fossil fuels consumed annually throughout the world. The plants growing all over the Earth's surface use photosynthesis to convert solar energy to chemical forms of energy, particularly sugars. Forests, which represent 68 per cent of this mass of vegetation, constitute a highly exploited renewable resource to be sure, but the lumber, firewood and other wood products that they provide do not exhaust their potential. In Canada, for example, it is estimated that annually there are 112 million tonnes of residues left over from forestry operations (branches, bark, dead wood, and discarded wood without commercial value), as well as the wastes from forest industries (sawdust and trimmings) which could be used for conversion to ethanol or methanol. It is anticipated that this annual figure will rise to 113 million tonnes by 1990. These calculations do not include the available resources in standing wood, nor do they take into account the future prospects of silviculture (tree farming) for energy purposes. The figures nevertheless give an idea of the sheer volume of lignocellulosic materials that could be exploited for energy purposes in Canada (wood is made up of two principal components, lignin and cellulose; hence the term 'lignocellulosic' in describing woody materials).

It is because of this potential, then, that the Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC) and other agencies are funding various university research programs on the conversion of biomass to other substances of value. One of these is at the Université de Sherbrooke in Quebec, where Dr. Christian Roy, a chemical engineer in the Faculty of Applied Sciences, has been working for the last two years on refining an original process for the saccharification of forest biomass using vacuum pyrolysis and acid hydrolysis.

examples," explains Dr. Roy. "The proportions vary markedly depending on the operational conditions and the type of biomass involved.

"When we duplicate the operation in a vacuum and rapidly remove the products from the reactor, we are in for a surprise!" Roy continues. "By conducting the pyrolysis in an inert environment like a vacuum, rather than in the presence of an inert gas, we modify considerably the chemical reactions which occur. Because the residence time of the molecules in the reactor is only one or two seconds, they do not have sufficient time to undergo the secondary reactions that are inevitable in conventional pyrolysis. The pressure being lower (10 to 400 mm Hg), the reactions in the gas phase are also less likely to occur, since the number of molecular collisions goes down with the decrease in pressure. The liquid phase increases at the expense of the solid and gas phases and produces a pyrolytic oil which represents between 50 to 60 percent of the weight of the by-products (on an organic basis). This is what gave us the idea at the University of Sherbrooke that, perhaps, there was a method of extracting the fermentable sugars from this pyroligneous material by acid hydrolysis to manufacture ethanol.

"I was not the first to consider this possibility," Christian Roy continues. "When I began my doctoral research at the Université de Sherbrooke under the direction of a specialist in thermal conversion processes of biomass, Dr. Esteban Chornet (who, incidentally, has just received the E.W.R. Steacie Memorial Fellowship awarded by NSERC), I undertook a fundamental study of the molecular changes that occur in pyrolytic reactions. Such reactions are common to all types of thermal conversion of combustible materials, including gasification, liquefaction and combustion. My starting point was the research already carried out in this field, particularly the most recent results of the work of



Cellulose (a), which accounts for upwards of half the dry weight of wood, is a long polymeric molecule of glucose (the ring structures) strung out in a chain which can reach several hundred sugar units in length. In Christian Roy's process, the cellulose is first pyrolyzed or broken down (1) to units of the compound levoglucosan (b). When water is added to this molecule (2) — the chemical expression is 'hydrolysis' — it is converted to glucose (c); this is the saccharification step. Finally, glucose can be fermented by microorganisms such as yeast (3) to give alcohol, either ethanol (d) or methanol (e). Roy, a chemical engineer, hopes to make this series of conversions, 1, 2, and 3, a large-scale economic process.

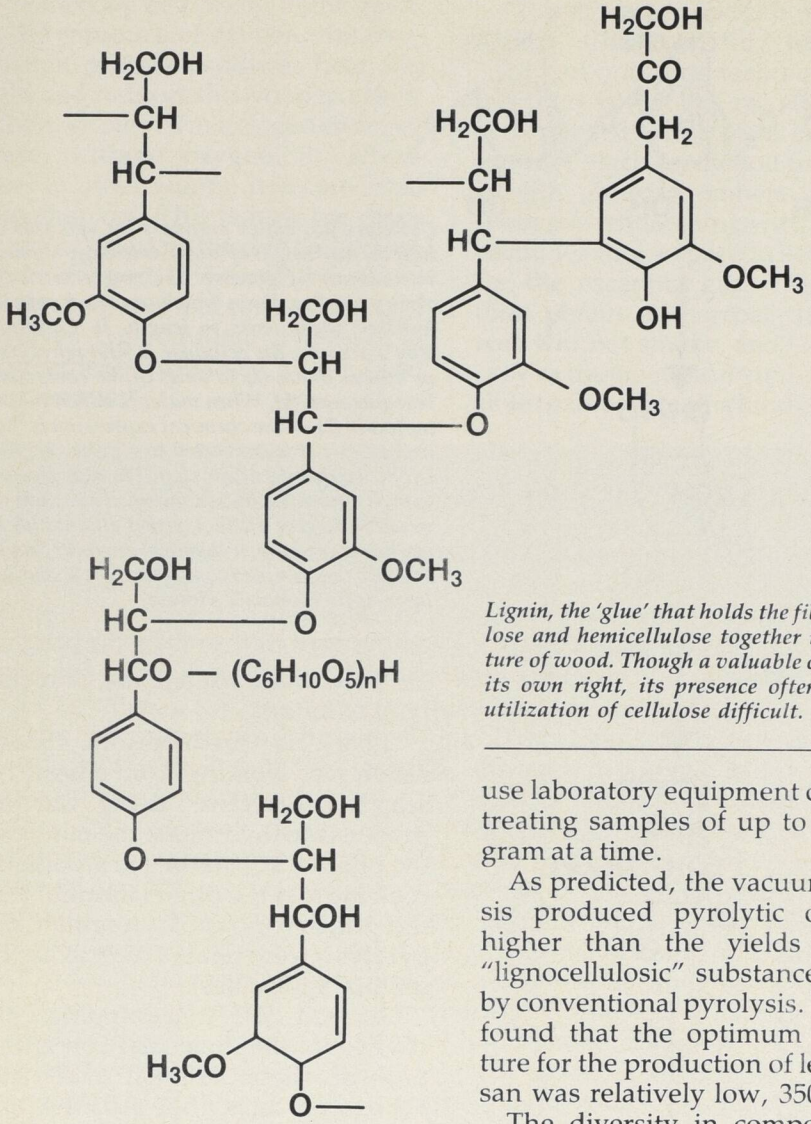
Dr. Fred Shafizadeh at the University of Montana.

"Like his predecessors, Shafizadeh was working from a basic research perspective, using vacuum pyrolysis to investigate the nature of the original substances in wood and coal. He and the others thought that the primary molecular fragments in pyrolysis were related directly to the original molecules.

"Instead of concentrating my studies on the molecular configuration of these original materials, however, I turned towards the possible applications of the results of their research. This led me, two years ago, to the program of biomass

Wood chips (left) and their solid residues after vacuum pyrolysis.

Université de Sherbrooke



Lignin, the 'glue' that holds the fibres of cellulose and hemicellulose together in the structure of wood. Though a valuable compound in its own right, its presence often makes the utilization of cellulose difficult.

saccharification that concerns us here.

"Vacuum pyrolysis comes first in the procedure. We have used wood chips, something which already represents an advantage. The classical methods of extracting oils from wood generally use only ground wood. This pretreatment adds 20 per cent to the cost. The amalgam of cellulose, hemicellulose and lignin which makes up wood only decomposes at higher temperatures. We have known for a long time that the most important product in the pyrolysis of cellulose is levoglucosan or 1,6-anhydro-beta-D-glucopyranose (See diagram page 21). This simple, ring molecule, $C_6H_{10}O_5$, is readily converted into D-glucose by hydrolysis, and it is from this sugar that alcohols are produced by fermentation."

In the Chemical Engineering Laboratory of the Université de Sherbrooke, Christian Roy and his team use laboratory equipment capable of treating samples of up to one kilogram at a time.

As predicted, the vacuum pyrolysis produced pyrolytic oil yields higher than the yields of such "lignocellulosic" substances treated by conventional pyrolysis. They also found that the optimum temperature for the production of levoglucosan was relatively low, 350°C.

The diversity in composition of pyrolytic extracts from a whole range of lignocellulosic material made it necessary from the beginning to perfect highly advanced analytical techniques. The extracts have proved difficult to separate and identify because of their extremely complex composition. "We needed to know how much levoglucosan we were producing," Christian Roy explains. "It was essential to isolate and quantify the matter before we went ahead with hydrolysis."

Thus, it was necessary to modify existing methods and resort to a judicious combination of gas chromatography techniques and mass spectrometry. This sequence of techniques first separates components in a mixture, and then determines their molecular weights. The study concentrated first of all on the products of pyrolysis derived from industrial cellulosic substances.

The decomposition of cellulosic substances by the vacuum pyrolysis process described above has produced 21 per cent carbon, 13 per cent gas, 20 per cent water and 46 per cent pyrolytic oils. And, the oils contained approximately 40 per cent levoglucosan.

Theoretically, there is nothing to prevent the total conversion (100 per cent) of cellulose into levoglucosan. In practice, however, the presence of impurities in the cellulose strongly inhibits such complete conversion.

Once Roy and his colleagues had obtained the pyrolytic extracts and worked on their composition, they moved on to the second stage of their work, the saccharification of biomass through acid hydrolysis. Here, molecules like levoglucosan are hydrolyzed (literally, they have water added to them, but in a chemical way) to produce simple sugars such as glucose.

As the table demonstrates, pyrolysis under vacuum (and rapid removal of the breakdown products) greatly increases the amount of material that can be hydrolyzed to glucose.

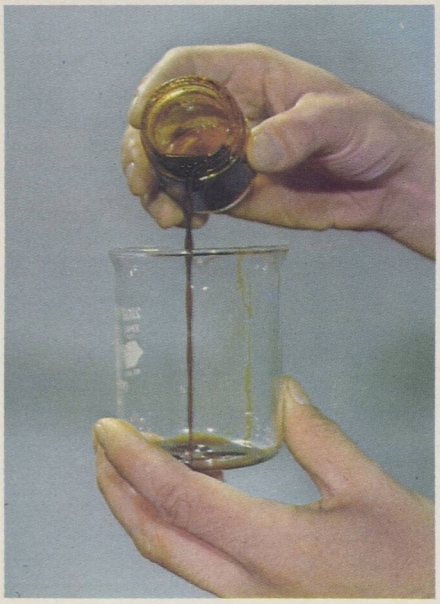
Products from pyrolysis of cellulose at 300°C

	Nitrogen (1 atm)	Vacuum (1.5 mm Hg)
Char	34.2%	17.8%
Tar	19.1	55.8
Levoglucosan	3.6%	28.1%
1.6 Anhydro-ß-D glucofuranose	0.4	5.6
Other materials hydrolyzable to glucose	6.1	20.9
Total materials hydrolyzable to glucose	10.1%	54.6%

Percentages are based on original amounts of cellulose.

The approach has the advantage of making use of the high oxygen content of the pyroligneous matter. In converting a proportion of this material into sugars the oxygen atoms are, essentially, preserved. Biomass contains between 40 to 44 per cent oxygen, while the resultant product (after vacuum pyrolysis), contains between 37 to 43 per cent.

"Shafizadeh," explains Christian Roy, "determined that the hydrolyzable materials are found in the highly oxygenated magma of pyrolytic oils and that they can be converted into sugars using acid hydrolysis. Where he worked with only a few milligrams of tar, which he dissolved in acidified water and obtained sugars from it, we have successfully done the same thing with several hundred grams of levoglucosan in a single operation.



Dan Getz

A pyrolytic extract from the vacuum pyrolysis of soft wood.

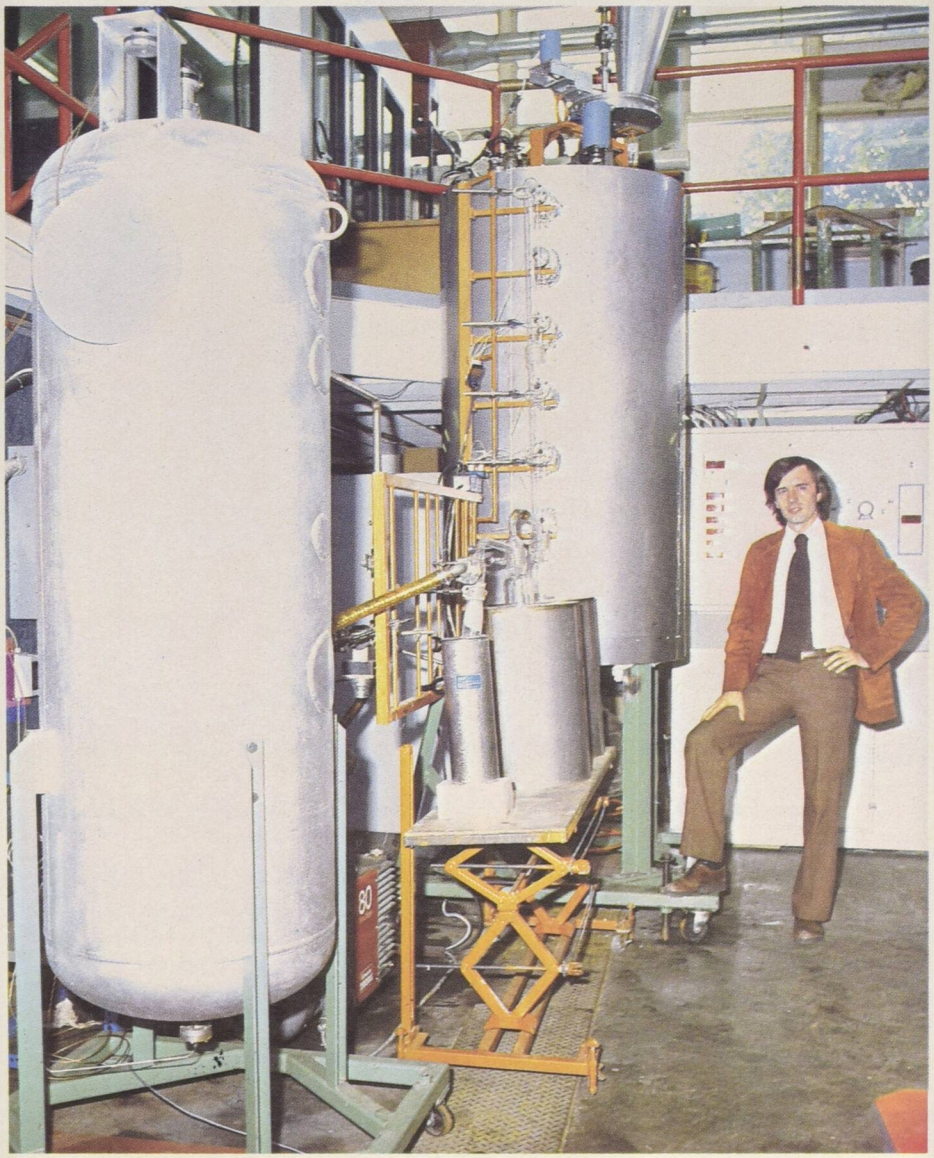
"For the hydrolysis, we use agents such as sulphuric acid, and we have produced hydrolysates containing up to 20 per cent D-glucose, which we later fermented."

The fermentation phase of the work was done by a team of researchers from the Chemical Engineering Department of Université de Laval, under the direction of Dr. Anh Leduy. According to Roy, this is one of the multidisciplinary aspects of the research program funded by NSERC. "The Laval team has successfully achieved the fermentation of these hydrolysates, converting them into ethanol," Dr. Roy says, "What is needed now is to find the optimum conditions for the fermentation step, and our preliminary results to date are very encouraging."

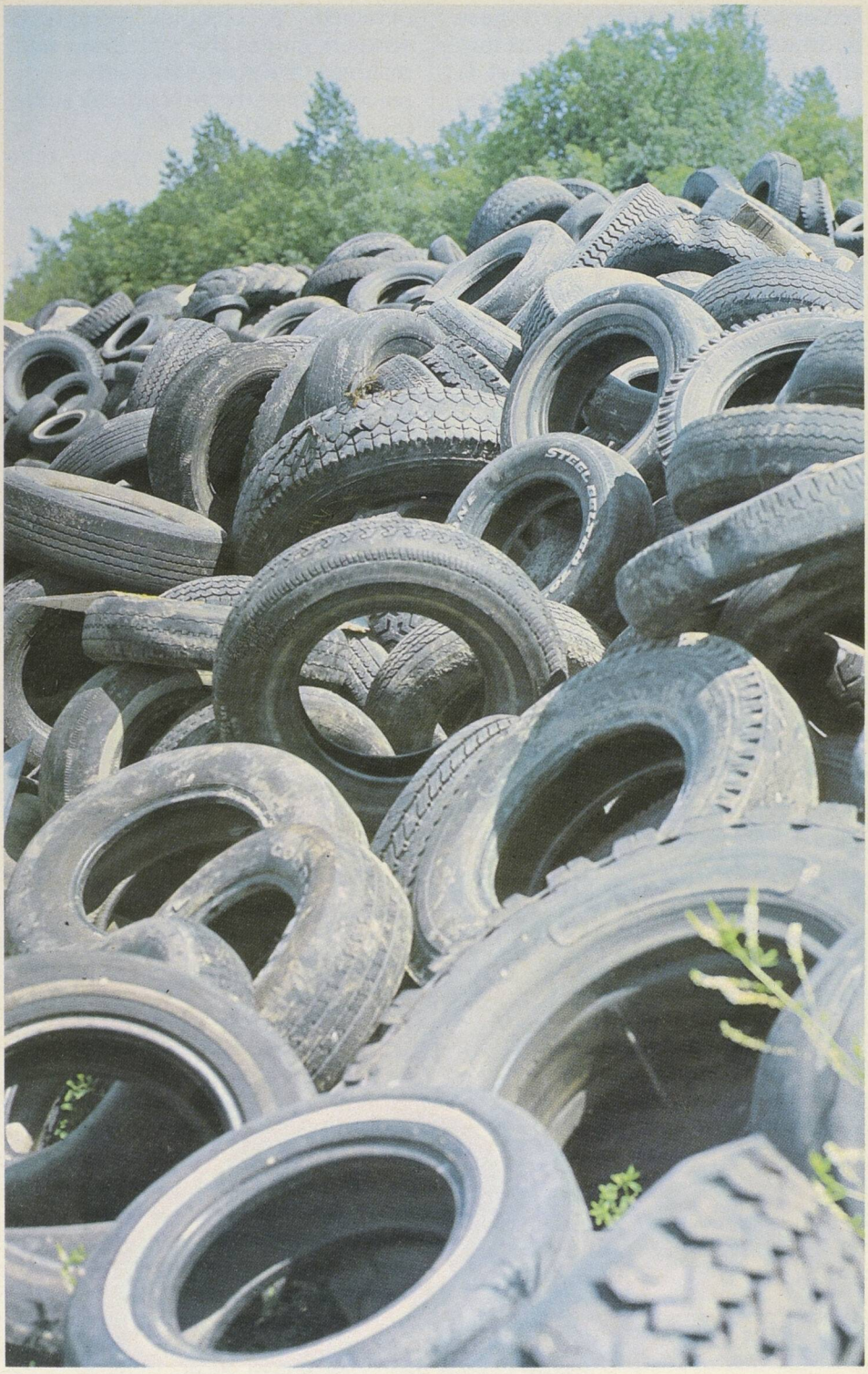
Roy's team is now setting up a new vacuum thermal decomposition reactor. Adapted from industrial models used for conventional pyrolysis, it will be fed continuously, treating two kilograms of wood chips per hour. It consists of a vertical cylinder, divided horizontally by six soles (or plates) each heated to a different temperature. In moving from sole to sole, wood chips gradually decompose and the gases that they produce are drawn off at each stage. In this way, much more clearly differentiated pyrolytic extracts are obtained. A complex system of scrapers guides the remaining solid residues towards the base of the reactor where they eventually settle. (See photo below).

"We know at which specific temperature zones the thermal decomposition of various constituents of wood takes place," Christian Roy explains. "We can, therefore, envision pyrolyzing specific wood constituents, for the purpose of saccharification. In petrochemical terms, we say that the light oils are at

Christian Roy stands by the new vacuum thermal decomposition reactor which has a capacity of 2 kg, adapted from industrial models. It is divided internally by six soles (or plates), each heated to a different temperature. In moving from sole to sole, wood chips gradually decompose and the gases that they produce are drawn off at each stage. This way, more differentiated pyrolytic extracts are obtained.



Dan Getz



Dan Getz

Making fuel from old tires...

the top, the heavy oils below. In chemical terms, the aromatic ring-containing products from lignin are found at the lower levels of the reactor, while the sugar-like substances from cellulose escape at the upper levels of the reactor. We are not only able to separate the liquids by this process, but we will also be in a position to obtain them straight out of the reactor. We can practically put a barrel at the outlet."

Adds Dr. Roy, "The substances collected will be better suited to final refining, particularly to acid hydrolysis. We are counting on this new system to concentrate the materials that can be hydrolyzed, which should greatly improve the process, and the subsequent fermentation."

Christian Roy and Anh Leduy are also thinking of developing enzymatic rather than acidic methods of hydrolysis, and they intend to look into the direct fermentation of levoglucosan without prior hydrolysis. The monosaccharide levoglucosan, according to the researchers, could be directly converted into alcohol by the action of an appropriate microorganism.

"Vacuum pyrolysis also offers a host of opportunities in other fields. We could treat all organic materials in this way by adapting the configuration of the reactor to the substrate in each case; peat, agricultural by-products, and even used tires are examples. Tires in particular are converted by vacuum pyrolysis into heating oils of high energy value. This would be a practical and non-polluting method of ridding ourselves of the piles of these waste materials found in our cities.

"There are great numbers of organic substances such as wastes from forests, agriculture, and other natural resources, which could lend themselves to the production of ethanol, other liquid fuels, and chemical products," Dr. Roy says in conclusion. "Sooner or later, someone will find the winning combination; that is, the right raw material and a method of refining it to produce a combustible liquid capable of competing in the market with traditional domestic and motor fuels. It is only a question of time."

Roy himself has obtained some fairly encouraging results with vacuum pyrolysis of used tires. This has aroused the interest of some major companies and there is already talk of constructing a pilot plant in the Montreal area for vacuum pyrolysis of these tires. Like so many before him, research has led chemical engineer Christian Roy along unexpected paths.

English adaptation: Hendrik Burgers

Under The Volcano

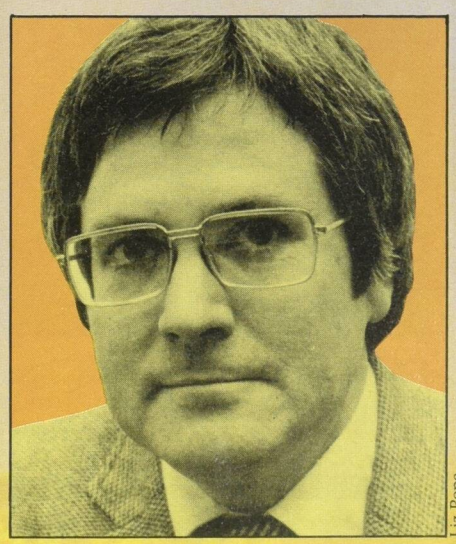
Troubleshooting steel's infernal ways

by Liz Pope

One look at Dr. Keith Brimacombe quickly dispells any stereotypic visions of eccentric professors. He does not wear a ragged lab coat, sport chemical-smeared glasses, nor hole up in a university laboratory. In fact, he is presentably groomed and facile at the small talk that puts a visitor at ease. Actually, he looks more like the conductor of boardroom business meetings than a creator of new chemical processes. In truth, Brimacombe is both research engineer and businessman.

At Vancouver's University of British Columbia, he gives lectures, writes academic papers and dreams up novel experimental ideas — ideas that deal with the inner workings of steel mills and their kin. Zeroing in on small portions of long, involved processes, he looks for ways to improve them. His goals are the same as any other metallurgical engineer analyzing mill process and design: to improve product quality and reduce production costs. As Brimacombe puts it: "There is an economic spin-off from nearly all of the research that I do."

Turning scientific study into economic benefit requires continual bridging of the gap between university and industry, and Keith Brimacombe spans that abyss. One week will find him jetting to an Edmonton steel plant to instruct plant operators on how they can improve their operations by using techniques developed during his research. Then he is back to the university to lecture second year engineering students and keep his graduate students on track as they move in the numerous directions that define his research interests. At the end of the week, he is in Salt Lake City, Utah, plugging research instruments into parts of a copper converter to collect data on yet another smelting process.



Liz Pope

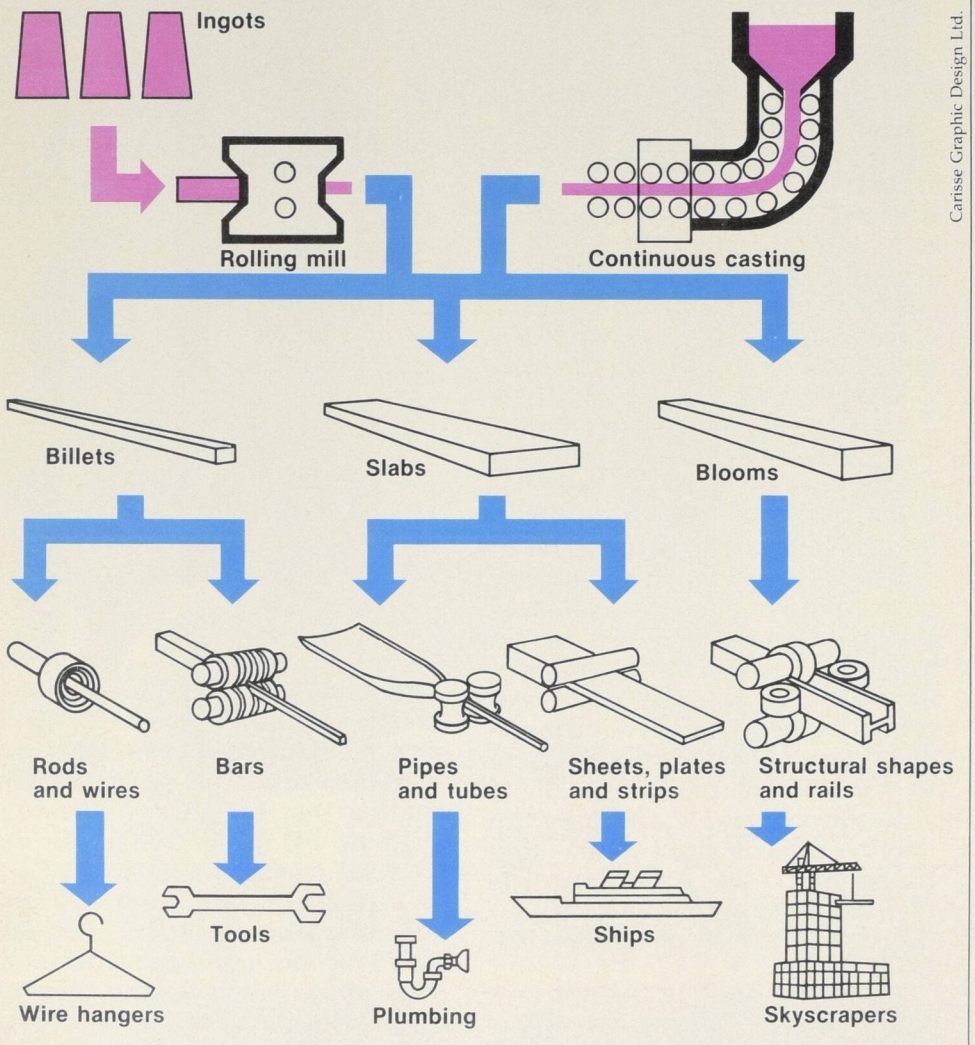
Dr. Keith Brimacombe.

Steel billets glow with heat as they move out of the continous caster.

Producing answers that are relevant to industry takes a lot more than pure research. Brimacombe has found that the orchestrating of investigations — funding, timing, and personnel — is often as important as the investigations themselves. A lot of his time is spent bringing together project, graduate student, industry and money. "Sometimes when I'm leaving on a trip, I'm not sure whether I'm a used car salesman or a professor," he jests. Nevertheless, getting research projects off the drawing board requires an ability to sell. Brimacombe notes that, "You can't be the eccentric professor, and walk into a company's research department, and stare at the wall and mumble and fumble and look like you just walked out of some old Hollywood movie."

During his professional life, Brimacombe has drummed up support from metal companies throughout North America, the American Iron and Steel Institute, and Canada's Natural Sciences and Engineering Research Council. Often, government funding is needed to get a project going. Then, when industry recognizes the advantages, it adds its support.

Results from his research reverberate worldwide. Mills in several countries are now churning out improved steel thanks to Brimacombe's studies. Ten years ago he began tackling the chronic problem of steel cracking during continuous casting. These defects may remain when the continuously cast, semifinished shapes are rolled into finished products for use in wire, ship hulls or car bodies. Five years after that, he was in a position to advise plants on avoiding such defects. China, Norway, Yugoslavia, Brazil, Venezuela, and the United States all invited him to come and explain his findings.



Carisse Graphic Design Ltd.

Steel mills manufacture steel in huge furnaces that melt and refine various raw materials. The steel exits the furnace either as ingots (left) which are subsequently rolled into billets, slabs or blooms, or they attain these semifinished forms directly, by a continuous casting process (right). The billets, slabs, and blooms are then shaped into the variety of forms shown here.

Brimacombe attributes the global significance of his work to a research system he developed while studying steel billets (a semifinished form of steel), which he now uses for all his problem solving in the metal-making industries.

Importantly, he rarely handles projects alone. "Nobody ever has the knowledge, expertise and experience to tackle all these complicated problems by himself," he explains. "When we combine expertise, something larger than the sum comes out of it."

In a university metallurgical engineering department pervaded by an unusually rich atmosphere of cooperation, Brimacombe often teams with fellow professors. Paul Watkinson, for example, has added his knowledge of chemical engineering, and Indira Samarasekera, Fred Weinberg and Bruce Hawbolt have contributed metallurgical engineering expertise to Brimacombe's experience with mill processes and design. How they combine their talents depends upon the assignment. To make any partnership work in the sometimes testy environment of research, Brimacombe recognizes that, "You have to forgive the other person for his shortcomings, and he yours. It's a little bit like marriage."

And Brimacombe does have a penchant for finding environments that test the tolerance of any researcher. Not one for hanging about serene laboratories — he calls them "mind-numbing" — his preference is to experiment with the real thing. His forte is plugging high tech instruments into the trying environment of steel mills.

Five minutes in Brimacombe's accustomed research habitat would send the more easily daunted running back to the security of the lab. Mills, says Brimacombe, are "two steps from hell." They are hot, dark, dirty and noisy. Sometimes, he is covered in a gas mask and asbestos clothing while examining metal glowing at 1200 degrees Celsius. And, his research must be worked

around the production schedules of the mill under test. Says Brimacombe: "Sometimes plant operators don't even want you there."

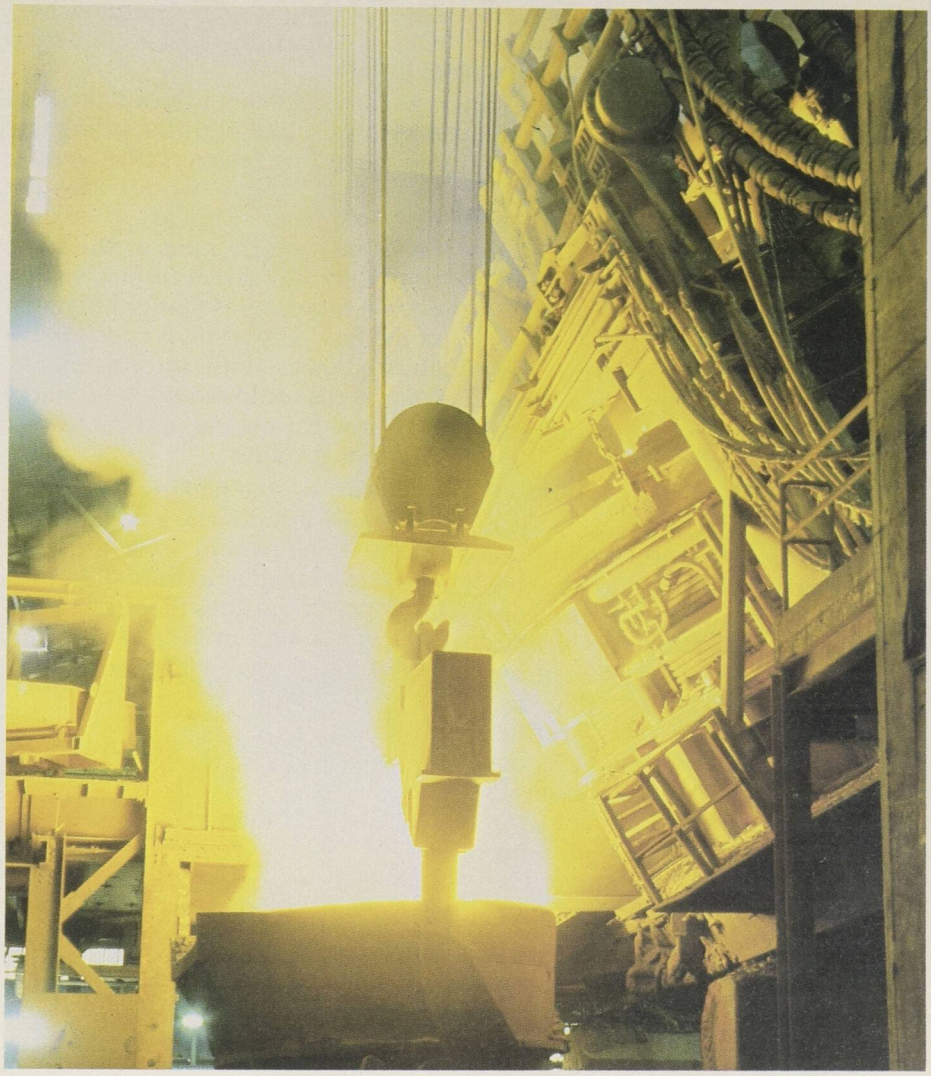
What attracts Brimacombe to this harsh environment is its seeming resistance to taming. Part of the work's intrigue is the fact that he is not able to measure all of the variables affecting steel production. To do so would mean shutting down mills to restructure them, an unthinkable move in economic terms. Instead, he substitutes insight, analytical thought and intuition to form links among the process variables. For Brimacombe, this is the aspect of research that is really fascinating.

Putting up with dirt, heat and noise all become worth it when "looking at sections of billets coming off the caster you suddenly see things in a different way. That is very exciting," he says.

To compensate for not being able to measure a variety of temperatures, rates and other conditions in rigidly-scheduled plants, Brimacombe and co-workers take what data they can collect back to the office and feed it into what is known as a 'mathematical model' run on a computer. The model is built of equations and it describes in mathematical terms the behaviour of the various variables that, taken together, make up the milling process. They take, for example, temperature data measured by thermocouples attached to billet moulds and plug them into an equation which converts them to heat transfer rates. The mill measurements then give them information on mould efficiency.

More important, the model allows Brimacombe to assess the effects of varying the temperatures of billet moulds or the speed at which steel flows through them, without resetting mill machinery. On paper, in his computer, he can get an approximation of the outcome from such changes.

Mathematical models are tools which Brimacombe uses in most of his research, and they often represent a major component of his projects. It can take a research assistant three years of full-time work to describe a mill process with such mathematical constructs.



Liz Pope

Before continous steel casting begins, 80 tons of steel heated to 1600°C is tapped from the furnace (right) into a giant ladle (bottom).

But, despite the rigorous nature of mathematics, these models are but simplified versions of what actually goes on. To make his math manageable, a modeler fills it with assumptions. Models must be checked against plant data to verify those assumptions. Once designed, a model is put through trial runs by comparing its predictions with plant measurements. This feedback allows researchers to fine-tune their math so it more accurately describes the actual processes.

The combination of mathematical modelling and in-plant measuring is a key to Brimacombe's success in problem solving. "With modelling," he says, "we can extrapolate a lot of the measurements we make to information on designs and operating procedures."

Then it is back to the mill, this time bearing information on how to make improvements. Brimacombe refines his results and translates them into concrete changes that plant operators can apply to processes. During training courses he tells them what is happening and why it is happening. "Most of the material in my courses just flows out of our research. It is a very nice feeling because you are taking research and finally putting it back in the plant where you started collecting data."

The courses deal directly with one of the biggest variables in steel production: people. "If operating people know that their carelessness or their good work has a direct impact on the quality of the steel that comes out of the caster, it is much more difficult to be careless. It becomes almost a moral obligation to understand and do the work well. So the power of courses gets to be quite

incredible. They uplift the whole operation."

Typically, it takes five or six years for mill measurements to turn full circle into adjustments in a process. And, like other areas of scientific research, the measurements raise for Brimacombe even more questions than they answer. The sparks for ideas on new projects come from industry colleagues and academic papers. But, he says, "The best ideas are your own." His latest new interest is the engineering of the microstructure of steel and determining how to control metal properties such as strength and ductility in a production environment.

In addition to steelmaking he spends nearly half his time poking into things like lime, coke and copper processing. Often, he applies his unusual in-plant measuring approach to machinery that has already received scientific scrutiny. In other cases he wrestles with decades-old problems that have simply not been of interest to anyone else. Copper converters have, until Brimacombe, been virtually ignored. Unaltered since the turn of the century, they are still installed in copper smelters worldwide to remove the sulfur and iron which copper in its native ore state is often chemically associated with. At 1200 degrees Celsius, vats of molten "matte" are given a dose of oxygen to burn off the unwanted elements, leaving behind the copper. "We have stripped away, for the first time, a lot of the black magic associated with this old vessel," Brimacombe enthuses. Although he is merely looking at how existing copper converters operate, he anticipates the work will lead in the future to more productive and cost-effective designs.

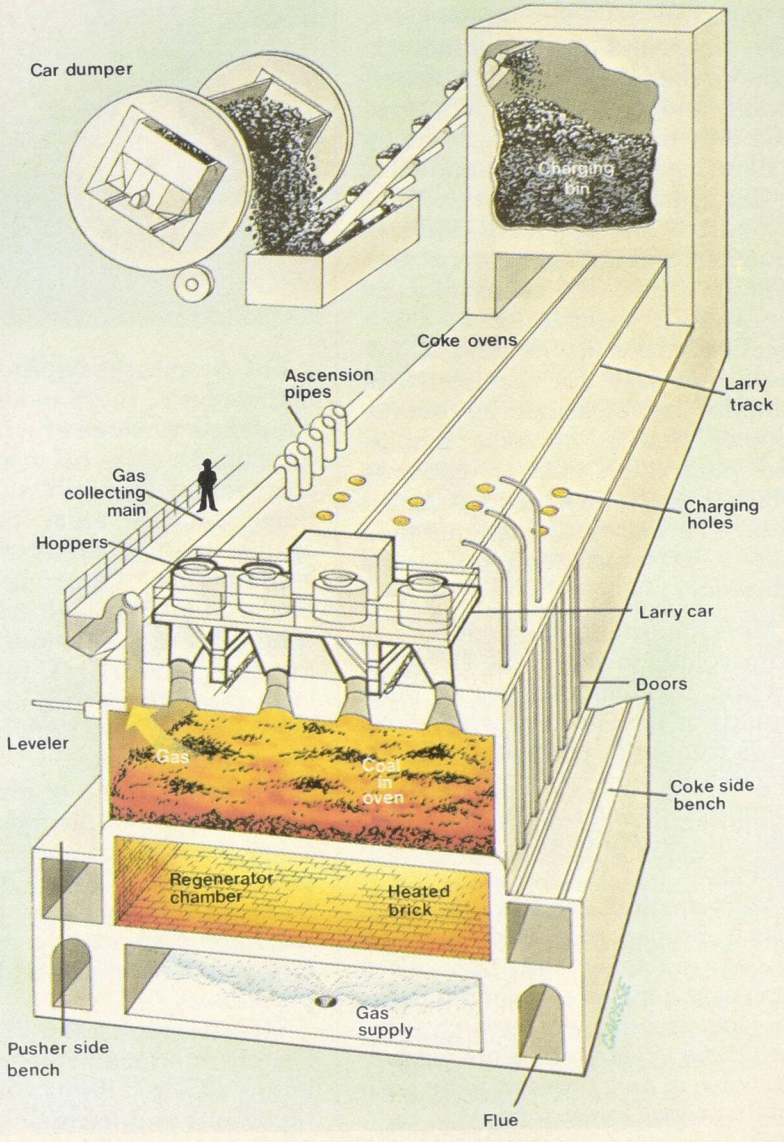
At times, Brimacombe encounters a plant process so hostile or inaccessible as to defy his methods of measurement. The ovens used by steel mills to heat coal, thereby converting it to coke — a raw material in steel production — are such systems. Typically, a coke oven is made up of a battery of flues (see diagram p. 28) and coking chambers. Inside the flues, a mixture of gases combusts with oxygen at temperatures of over 1000 degress Celsius. Sandwiching these five metre tall flues are chambers containing coal. During 17 hours of absorbing heat from the flues, the coal is converted to coke.

So far, coke-oven flues have kept scientists at bay, thus impeding any refinement of design. Little wonder then that flues worldwide are plagued with similar persistent problems, which stem in the main from the combustion producing uneven temperatures along the height of the flue. The result is coke of variable quality. With improvements, coke ovens could require less energy and time for coking and produce a superior product.

Stelco, a steelmaking company with mills in Ontario, asked Brimacombe if he would look into the problem. Unable to measure performance of the flues themselves, he built his own, in a manner that would allow analysis of the coking system. With funding from the company and NSERC, he built one-quarter scale plexiglas models of specific Stelco flues, carefully checking that the models accurately simulated the real thing.

To collect data on the models' behaviour, he applies what he calls "high-tech measurements to the beastly old process." Research engineer Joanne Richards operates a laser connected to a minicomputer, and measures the gas velocity dis-

Coke ovens, used by steel mills to convert coal into coke for the steelmaking process, are huge machines which, when running, are hostile, inaccessible environments. Design refinements have always been thwarted because of this, but by combining research on scaled-down versions of these ovens with mathematical modelling techniques, Keith Brimacombe hopes to come up with changes that will improve the performance of these systems.



Carisse Graphic Design Ltd.

Liz Pope

Intense heat, steam and noise are all part of the steel mill research conditions for Brimacombe.

tribution and mixing rates in the flue models which can be translated into the rate of heat released by the flame.

Once all the data have been collected, they will be plugged into mathematical models of combustion and heat flow in flues. From these, Brimacombe expects to understand how flues can be better designed to produce even temperatures, and how changes in flames and gas mixtures will improve the performance of existing designs. "This expertise," he says, "would provide the Canadian steel industry with a very powerful technological advance, placing it among world leaders in this area."

Another one of Brimacombe's innovations is tucked away in his University of British Columbia laboratory, a pilot-sized rotary kiln. These rotary furnaces are commonly used to calcine limestone before it is employed in steel production. As with copper converters and coke ovens, there are plenty in operation, but until Brimacombe came along with his co-worker, Paul Watkinson, no one understood exactly how they worked. "They were designed by experience rather than sound engineering principles and that ultimately led to some failures," he says.

Their pilot kiln is a scaled-down version of those actually used, yet it is still 5½ metres long. The thermocouples poking out of it make it look something like a giant, oblong sea urchin. The instruments measure temperatures of the kiln walls, and the limestone and gases inside. It is also outfitted with sampling ports for extracting partially calcined limestone.

After building the kiln nearly 10 years ago, Brimacombe and Watkinson embarked on documenting its operation. They learned how heat transferred from the burning fuel to the limestone and how kiln loading and rotation speed affected calcination. This knowledge led to suggestions for improving kiln design.

Now they are investigating alternate fuels. Rotary kilns in Canada are usually fired with natural gas, a fuel that is growing less attractive as its price increases. Many companies are considering switching to cheaper fuels, especially coal. Converting a kiln to coal firing, Brimacombe and Watkinson realized, was fraught with uncertainty. The major unknowns were how fuel burning rate affected heating of the limestone and whether the sulfur and ash in the coal would contaminate the limestone.

They converted their kiln to coal firing and measured the response. They discovered that a natural gas flame, although characteristically different from a coal flame, did not calcine limestone any more efficiently. And the limestone would not be contaminated if the kiln was kept below a specific temperature. Since coal properties vary from deposit to deposit, Brimacombe now wants to repeat his study with other Canadian coals.

Besides chasing ideas directed towards solving specific mill problems, Brimacombe is full of what he calls "crazy ideas". These are offbeat notions which may or may not bear fruit. Industry is reluctant to put money behind exploration of such vague feelings. Recognizing that unusual ideas are essential for maintaining science's health, NSERC funds Brimacombe's "hunch" projects.

It is this combination of innovative research and mission oriented projects that keeps Brimacombe content. "I could leave the university today for a much higher paying job in industry," he admits. "But I wouldn't have the freedom to work with a lot of different companies and explore crazy ideas." In fact he is so content, his aspirations go no further than to continue teaching and researching. "Fascinating" and "exciting" are words that continually crop up when he describes his work.

Yet he quickly concedes that most people do not share in his enthusiasm. "It is not the sort of thing that people think about when they consider research to be exciting, not like cancer, space or AIDS," he acknowledges. "Nonetheless, it puts bread and butter on the tables of folks who are trying to compete in a very competitive world." In addition to hewing wood and drawing water, he believes, Canadians must do more secondary manufacturing if they are to create a strong industrial nation. This is where his research becomes important. If, for instance, his current work with Indira Samarasekera on designing a more effective billet mould proves successful, then a Canadian industry could be established to manufacture the moulds for a global market. This is relevance indeed.

Liz Pope is a freelance writer working in Vancouver.

SUZUKI

Science and Death — denying the simple dignity

On April 25, 1984, my mother died, instantly, of a massive heart attack. On May 2, her body died, having been resuscitated 20 minutes after the initial heart attack and kept on a respirator for a day before being left on its own. For a week after her first "death", my father, sisters and I maintained a 24-hour-a-day vigil while we watched this shell of Setsu Suzuki, without nutrition, without medication, without any indication of "higher brain function", without any purpose, fight to live.

In this terrible way, we were confronted with the painful consequences of science and technology. There was a time when the moment of death was unequivocal and simple — when the last breath was gasped or the heart stopped beating. But no longer is that true.

Modern science and medicine are driven by a compulsion to dominate and control. Each victory over nature represents a triumph of man over the forces of the cosmos. And who would prefer malnutrition, disease, or premature death to the alternate benefits offered by science and technology? But how far do we go? Is death the ultimate challenge to be conquered? If, as most of us believe, we are different from all other creatures and special, then isn't death the ultimate denial of that uniqueness? If we, like all other animals and plants, must die, then surely in the end we are no different from them. That has been the terrible reality faced by humans since the beginning of consciousness. Indeed, our earliest records of abstract human thought are the deliberate rituals surrounding burials some fifty thousand years ago. Death *is* the leveller; it not only cuts the mightiest down to size, it reduces us to the same level as all other life forms.

For the doctor, every successful treatment of a patient represents a triumph over nature, a defeat of death. It is not surprising, then, that doctors are driven to sustain life without regard to its quality — after all, death signals our defeat and reminds us of our mortality. But how far do we go? Vancouver has the most extensive program of paramedical emergency treatment in Canada — if you are going to have a heart attack, the best place would be Vancouver where chances are good that someone nearby will know how to apply CPR (cardio-pulmonary resuscitation). In my mother's case, it happened 15 minutes after her heart stopped beating and long after her brain had paid the price of oxygen deprivation.

CBC

And who is to blame? No one. The ambulance people were compelled to apply heroic measures to resuscitate her. And once her heart was restarted, the doctors and nurses in intensive care had to act on the assumption that she might be one of those longshots who would recover. By the time the respirator was turned off, there were no signs of higher brain activity but all of the evolutionary backup mechanisms to keep the body going had kicked into action and we were forced to wait for starvation, infection or just organ breakdown to kill her.

We have been robbed of the moment of death. I cannot deny the benefits of our technology which has not only rescued people from the brink of death, but often gifted them with years of worthwhile life. But human powers, having wrested the moment of death from Nature, pose a painful dilemma. Death now may be defined at many points. To the people of India, ascetics who withdrew from society were often considered "socially dead". We have a similar point when a dying patient is so drugged as to be unaware of the world around. But we also have brain death, heart death and the terrible non-world of Karen Quinlan.

I remember the shock of realization of how complex the issue of death had become when Christian Barnard first transplanted a heart. How do we know when a donor is dead if that heart is still pumping on its own? But we continue our fight against Nature. To me, the most grotesque consequence of this fight was the implantation of a mechanical heart into Barney Clark. There was no prospect of a "better" life, only prolonged survival. I was sickened by the media portrayal of Clark as a brave guinea pig and the medical scientists as heroic warriors fighting death. In the end, our heroes proudly proclaimed in a press conference that they had considered putting him on dialysis as his kidneys failed and giving him a lung transplant to replace his fluid-filled organs. When he died, the mechanical heart was an engineering triumph, it was still working steadily; it was Barney's body that gave out.

Most of us are repelled by the aims of cryonics people who are having their bodies frozen in a faith that in the future, when science will have conquered aging and death, they will be resuscitated, rejunvenated and rendered immortal. But the recent death of David, the "boy in the bubble" suggests that scientists are not immune to this faith in the inexorable "progress" of science. When David was born with severe combined immunodeficiency disease, he was sentenced to death by the most innocuous infection. His survival was a symbolic conquest of death, appropriately in a sterile, plastic container. The assumption was that, should he survive long enough, science might have advanced to the point of "curing" him. But in their faith in the steady conquest of nature, scientists ignored the most profound question of whether it was worth it for the child they so arrogantly "saved" from Nature. If they were honest, they'd have to say that David was a guinea pig, a prize not much different from a newly discovered mutation in a fruitfly. He was an "opportunity", a "gift", a "resource". And in the end, when the scientific experiment to confer immunity by a marrow transplant failed, he was finally released from the plastic prison so that, dying, he could for the first time experience the feel of grass on his bare feet and his mother's lips on his mouth. On autopsy, David was an invaluable bit of information since, as doctors announced, diseases had spread through his body at a speed and in a manner never before observed. Those scientists will have a hard time convincing me that this bit of scientific data could not have been found another way and that it justified the non-life experienced by David. For me, it was far more important that my mother had a rich and full life through to her 74th year than that she survived an extra week as a vegetable.

While it might seem like stating the obvious, the opinions expressed by Dr Suzuki are his own, and not to be confused with policy statements of ***Science Dimension****'s publisher, the National Research Council of Canada.*

Continued from page 2

and Alpine Geo-botany at Montpellier in the south of France. Since it was not possible to obtain a doctorate in ecology, I took one in taxonomy (the systematic classification of living species) at the University of Geneva. But during the three years, 1936-1939, that I spent in Europe, I did a great deal of field work with Dr. Braun-Blanquet and his team. This is how I came to specialize in ecology and, more specifically, in "phytosociology" or, if you prefer, "plant sociology". I returned to Canada steeped in the principles and methods of the Montpellier Centre, but even at the time they seemed inadequate to me.

Science Dimension: Would you explain what plant sociology is and the difference between your approach and that of Montpellier?

Dansereau: Phytosociology is the study of the grouping of plants. The Montpellier school studies the composition of various plant groupings and stresses the relative presence or absence of different species. A description of sociological units is arrived at such as, for example, the maple grove or the fir plantation. There are maple groves where one also finds hickory or yellow birch, or eastern hemlock. The Montpellier school used to study these variations without giving any importance to the plant mass as a whole or to providing a parallel methodology which would allow for a better definition of it.

For example, they classed in the same phytosociological unit, plant groupings that contained a lot of rosemary (this is a small shrub) whether or not these groupings contained trees. If you look at the situation from the viewpoint of biological productivity, of considering the total plant mass of the grouping, then it is perfectly clear that, where there are trees and thus a vertical element to the plant mass as well as a horizontal one, the grouping with trees is going to have a higher level of productivity. It is not the same plant machine, not the same body of energy when such a vertical component is considered.

Science Dimension: Is it because of this structural approach that the Encyclopaedia Britannica refers to you as a pioneer?

Dansereau: Yes. I worked hard to develop this structural approach during the forties and fifties. On my return to Canada in 1939, the National Research Council gave me a grant to pursue my research in this field for a number of years. I went to Brazil, Puerto Rico, all over the Arctic and to several Atlantic and Pacific islands. I applied my double methodology that was inspired by Montpellier everywhere I went. I considered the composition and identity of species using the Braun-Blanquet method and I noted my observations on a diagram I had devised which took account of the structure and texture of the vegetable mass.

Science Dimension: The Quebec universities failed to recognize your talent. Is that why you dedicated 13 years of your career to university teaching in the United States? From 1950 to 1955, you were at the Ann Arbor campus of the University of Michigan, and from 1961 to 1968 you taught at Columbia University while you were the Associate Director of the New York Botanical Gardens.

Dansereau: It is true that I found the support I did not receive in Quebec in other places, particularly in the United States where on two occasions I was...I would not say exiled, I do not think of the United States as a foreign country. After all, my mother was Franco-American. In the United States, I had the opportunity to work with American and other geneticists to try to put into a better ecological perspective the things we were learning about plant heredity. My concept of structural framework, the application of the double methodology that I mentioned to you earlier, appeared to me to offer an excellent model for quantifying natural selection. We talk about natural selection as resulting from climatic pressures, the soil and the competition between plants and animals. But how does this take place in a vegetation matrix? And in what type of soil? At the same time, I was also involved in starting a dialogue between ecology, sociology and possibly psychology.

Science Dimension: What relationship do you see between ecology and psychology?

Dansereau: There is no simple answer. When I left for New York in 1961, I realized that one could not live in that city without being aware of the many different kinds of pollution. This did not just include air and water pollution and contamination of food, but also crime and, in general terms, the way individuals perceive the resources they consume. This is the psychological aspect of human ecology. Looked at this way, things such as ethnic values represent real ecological forces. What a particular group eats, or refuses to eat, for example, has a impact on the environment.

Science Dimension: How does one differentiate between sociology and human ecology?

Dansereau: I define the ecosystem as a more or less closed environment, within which the resources are converted by a biomass of plant and animal populations living in symbiotic equilibrium. This fundamental environmental matrix is the framework within which it is possible to examine man's role in the cyclical transformation of resources. In order to evaluate the importance of man's intervention on our planet, it may be useful to reduce these interactions, those of other animals and even those of plants, to a common denominator. This would enable us to establish the quality and the impact of man's activities. We must look beyond the view, introduced largely by ecologists themselves, that man is a destroyer of the balance of nature. If we consider man *in* nature and man *as being an element* of nature, then we see that he does not destroy nature any more than ants or beavers.

Perhaps the most useful phenomenon to call attention to is that of *sharing* resources. If we think about city life, a proper ecological inventory of our cities would serve to measure the relative efficiency of the chains of nutrition, transportation, communication and decision. It could also lead to improved planning and better distribution. We already conduct these types of studies but we do them on a sectoral rather than an ecological basis.

I recently published an ecological model that I call the environmental cake. It consists of an inventory of man's needs, including psychological, social, economic, political, ethical and religious needs. It is used to balance domestic man against his genetic conditioning and to show to what extent he is frustrated or satisfied. Long before attempting such a global analysis, I formulated (during the fifties) *the law of the inoptimum: no organism can optimally satisfy all its needs at a given time or place.*

Inoptimum is a new word that you will not find in any dictionary.

In human ecology, we seek to define the conditions which could satisfy simultaneously or successively the basic human needs. One could be well nourished and badly housed, well provided for, but frustrated in one's aspirations and so on. Indeed, among plants and animals we often find a complete incompatibility between sexual and vegetative functions. There are many animals which stop eating during the mating season. For example lions, particularly the males, lose of lot of weight. There are plants like the willows which flower first and produce their nutritive leaves afterwards. Thus, *inoptimum* is one of life's constants at every level of complexity.

Canada

Canada Post	Postes Canada
Bulk Third Class	**En nombre Troisième classe**
K1A 0R6 Canada	

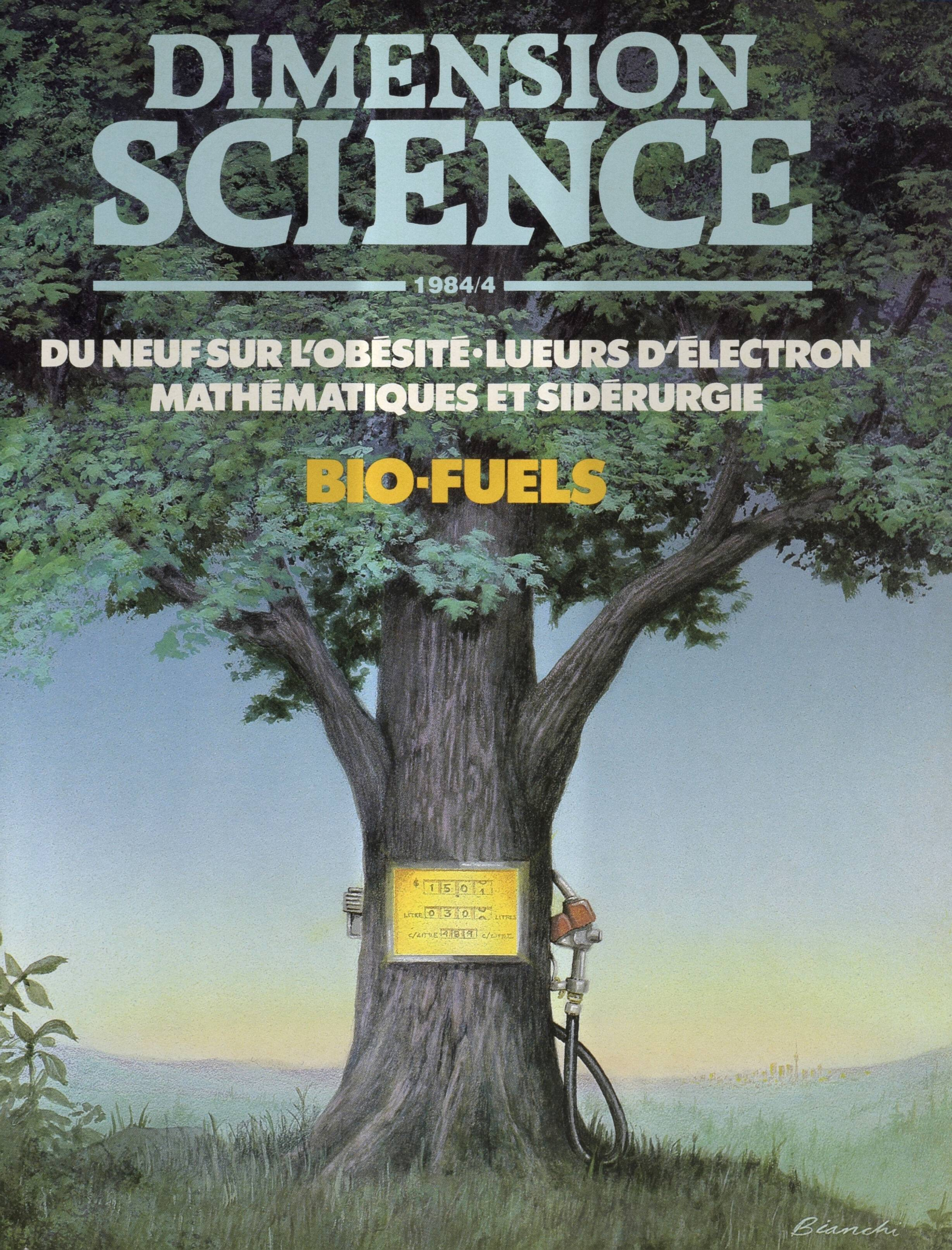
Changing your address? We need the number printed on the upper right of your mailing address label to make the change on our computer.

DIMENSION SCIENCE

1984/4

DU NEUF SUR L'OBÉSITÉ · LUEURS D'ÉLECTRON MATHÉMATIQUES ET SIDÉRURGIE

BIO-FUELS



Pierre Dansereau — écologiste de la première heure

Dans la grande Encyclopédie Britannica en 30 volumes on peut lire, p. 373, une inscription qui, une fois traduite mot à mot, se lit comme suit: "Dansereau, (Pierre Mackay) (né le 5 oct. 1911 à Montréal), écologiste végétal, pionnier de l'étude de la dynamique des forêts tropicales, tempérées et arctiques. Dansereau est l'auteur de communications scientifiques sur la taxonomie, la cytologie et l'évolution des cistes (Cistus), des quintefeuilles (Potentilla), des violettes (Viola) et des érables (Acer). En 1960, il a reçu la médaille Fermi de l'Académie des sciences de Toulouse (France) et en 1965, la médaille Pariseau de l'Association canadienne-française pour l'avancement des sciences. Parmi ses livres mentionnons Biogeography, an Ecological Perspective (1957) et Contradictions & Bioculture (sic) (1964)."

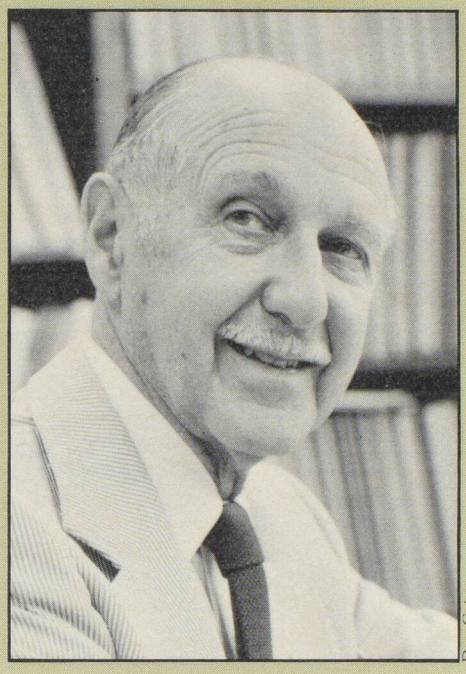
L'information très partielle de cette notice encyclopédique — elle ne vas pas au-delà de 1965 — met en lumière le caractère novateur des travaux du Dr Dansereau et leur retentissement sur la scène internationale. Sans doute ne sait-on pas assez au Canada, hors du cercle fermé des experts, l'impulsion donnée à la recherche écologique par ce chercheur québécois, à une époque, les années 40 et 50, où l'écologie était encore une discipline obscure dont les grandes universités contestaient la légitimité.

L'encyclopaedia Britannica ne fait pas état, forcément, de l'évolution scientifique d'un homme de science que l'étude des forêts et des savanes de la planète a conduit, par un long détour dans le temps et l'espace, vers les villes et leurs écosystèmes humains. Pierre Dansereau a publié en 1964 un ouvrage qui a pour titre ***Contradiction & biculture*** *(et non pas bioculture). Il faut prendre la* ***biculture*** *dont il est question ici dans le sens que l'entendait le grand physicien et romancier britannique C.P. Snow, dans son célèbre ouvrage "Two cultures and the Scientific revolution" (1959). Il s'agit, pour l'un comme pour l'autre, de l'opposition entre la culture humaniste et la culture scientifique.*

Pierre Dansereau se veut un homme de science humaniste et n'a cessé de travailler à la conciliation des deux cultures. Durant ses années d'enseignement aux États-Unis, il a participé, à cette fin, aux côtés notamment du grand généticien américain Theodosius Dobzhansky, à la fondation de l'"American Teilhard de Chardin Association" dont il fut le premier président.

À part les centaines de communications en français, en anglais et en portugais qu'il a publiées en cinquante ans de carrière, Pierre Dansereau est l'auteur d'une demi-douzaine d'ouvrages écrits tour à tour en français et en anglais mais qu'il a tous traduits lui-même dans l'autre langue.

Âgé de 72 ans, Pierre Dansereau est aujourd'hui professeur émérite (c'est le titre que l'on donne aux professeurs encore actifs une fois passé le seuil fatidique des 65 ans) à l'Université du Québec à Montréal. Il continue d'enseigner, d'écrire et prépare actuellement, à la demande de l'éditeur new yorkais Wiley's, un manuel des sciences de l'environnement où, dès le premier chapitre, l'écologie humaine est considérée de pair avec l'écologie végétale et animale. Il a été nommé Compagnon de l'Ordre du Canada en 1969 et a reçu 11 doctorats honorifiques et de nombreuses décorations au Canada et à l'étranger. Il a appartenu au Conseil des Sciences du Canada et demeure membre actif de nombreux organismes scientifiques nationaux et internationaux. Nous l'avons rencontré à son bureau de l'Université du Québec.



Dan Geltz

"L'inoptimum est une constante de la vie"

Dimension Science: Comment êtes-vous devenu chercheur? Vous aviez 20 ans en 1931 et ce choix paraît exceptionnel pour un homme de votre génération et de votre milieu. À Montréal, à l'époque, la recherche scientifique n'était pas à l'honneur.

Dansereau: J'avais le désir de vivre une vie qui ne serait pas celle qu'offrait une carrière dans les professions libérales auxquelles les jeunes bourgeois de mon espèce étaient à peu près condamnés. Il aurait fallu que je sois médecin ou avocat comme trois ou quatre de mes grand-pères et arrière-grands-pères et beaucoup d'adultes de mon entourage. Mais, je n'en avais pas envie. C'était l'agriculture qui m'attirait, plus précisément l'agriculture scientifique et je me suis inscrit à l'Institut agricole d'Oka. Vers cette époque, j'ai rencontré le frère Marie-Victorin et je me suis peu à peu détourné de l'agronomie.

Dimension Science: Le frère Marie-Victorin était un grand botaniste. Son oeuvre "La flore laurentienne" continue de faire autorité. S'intéressait-il à l'écologie?

Dansereau: Marie-Victorin n'est pas que l'auteur de La flore laurentienne. Il a publié des oeuvres littéraires et un grand nombre d'études spécialisées dans lesquelles j'ai découvert toutes sortes d'aperçus qui m'ont fasciné. Pour moi qui sortais du cours classique et rêvais de littérature, la rencontre avec cet écrivain-homme de science pour qui les réflexions d'ordre général, philosophique, religieux, social étaient loin d'être exclues, fut déterminante. L'écologie qui le passionnait m'a tout de suite captivé.

Dimension Science: L'écologie était une notion nouvelle à l'époque. Comment êtes-vous parvenu à vous spécialiser en ce domaine?

Dansereau: Au Canada, durant les années 30, l'écologie ne s'enseignait qu'à l'Université de l'Alberta. Il faut dire que la géographie de l'écologie était assez curieuse un peu partout dans le monde. À la Sorbonne, on ne voulait entendre parler

Suite à la page 34

Conseil national de recherches Canada
National Research Council Canada

DIMENSION SCIENCE

VOLUME 16, N° 4, 1984

Rédactrice en chef Madeleine Vaillancourt
Chef de la production Joan Borsu
Conception graphique Jean L. Richard
Réalisation graphique Carisse Graphic Design Ltd.
Imprimé au Canada par Dollco Printing

31159-4-0011

Entrevue 2

Lettres 4

Capsules 6

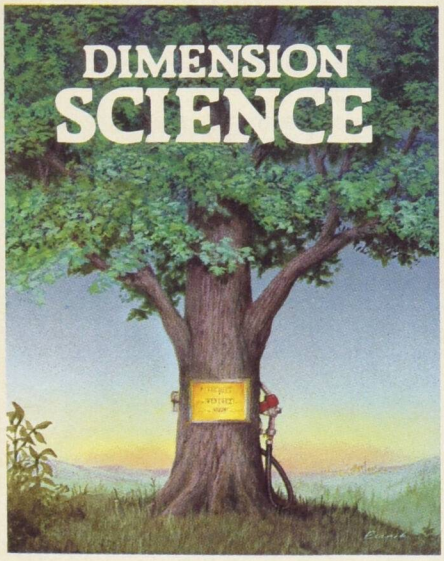
Le Centre de rayonnement synchrotron du Canada 10
Un piège pour la lumière de l'électron

Regard neuf sur l'obésité 14
Un dérèglement du métabolisme?

A deux pas de l'enfer 21
La recherche dans les aciéries

Pour mettre un arbre dans votre moteur 27
La dégradation du bois en alcool

Suzuki 33



John Bianchi

Notre couverture:

John Bianchi nous offre sa vision de l'arbre-source renouvelable d'essence pour nos voitures. A l'Université de Sherbrooke, un ingénieur chimique cherche un procédé vraiment rentable de conversion de la cellulose du bois en carburant. Madeleine Vaillancourt décrit ses travaux p.27.

La revue *Dimension Science* (ISSN 0715-7509) est publiée six fois l'an par le Service de l'information et des relations publiques du Conseil national de recherches du Canada. Les textes et les illustrations sont sujets aux droits d'auteur. La reproduction des textes, ainsi que des illustrations qui sont la propriété du Conseil, est permise aussi longtemps que mention est faite de leur origine. Lorsqu'un autre détenteur des droits d'auteur est en cause, la permission de reproduire les illustrations doit être obtenue des organismes ou personnes concernés. Pour tous renseignements, s'adresser au rédacteur en chef, *Dimension Science*, CNRC, Ottawa (Ontario), Canada, K1A 0R6. Téléphone: (613) 993-3045. Cité dans l'Index de périodiques canadiens. Cette publication est également disponible sous forme de microcopies.
This publication is also available in English, under the name *Science Dimension*.

Lettres

Fonctionnement d'une éolienne

Quand j'ai commencé à lire votre article intitulé "Avec ÉOLE", sur l'installation projetée d'une éolienne de type Darrieus à Gaspé (DS, 1983/6), je composais déjà dans ma tête une lettre pour vous remercier de dissiper finalement le mystère du fonctionnement de ce remarquable dispositif. J'avais lu plusieurs autres articles sur le sujet qui avaient paru antérieurement dans des magazines et des journaux, mais aucun n'était parvenu à me faire comprendre le principe de physique qui explique le fonctionnement de cette intéressante machine.

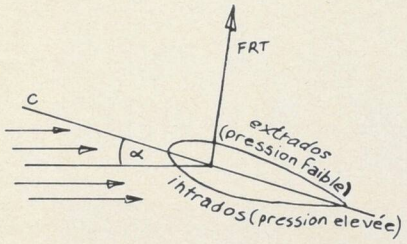
Mais après avoir lu votre article trois fois, je demeure tout aussi perplexe qu'avant. Je vous en prie, ne laissez plus vos lecteurs dans le noir. Comment ce dispositif fonctionne-t-il? Est-il mû par la différence de traînée résultant des écoulements d'air positif et négatif sur les pales? Démarre-t-il tout seul? La vitesse de la pale dans le sens de vent est-elle plus grande que celle de l'air? Les pales tournent-elles sous l'influence du vent pour produire des forces de rotation?

Il doit sûrement y avoir une explication logique. Pourriez-vous insérer un diagramme explicatif dans un prochain numéro de votre publication, qui n'en demeure pas moins excellente.

John Gingrich
Toronto, Ontario

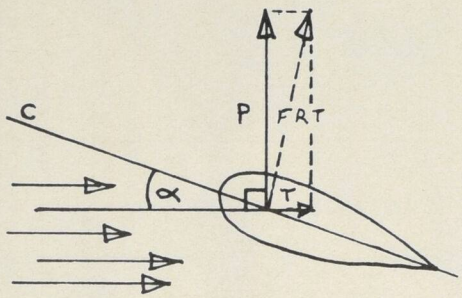
Puisque vous le souhaitez, voici l'explication qui nous a été fournie par Raj Rangi (qui a contribué à la mise au point de la version moderne de l'éolienne Darrieus) et Paul Penna, du CNRC.

Comme vous pouvez le voir sur cette vue en coupe du profil d'aile Darrieus (ou pale), nous avons affaire à une structure symétrique lisse biconvexe avec "ligne de corde" centrale (C).

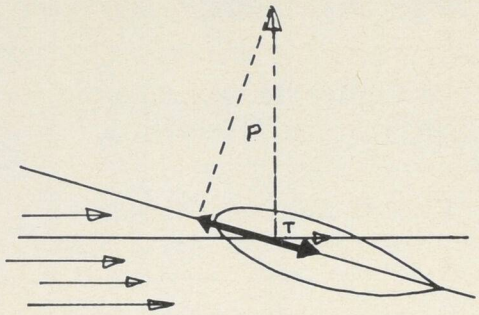


Lorsque cette pale se déplace dans l'air (→) selon un certain "angle d'attaque" (α), elle est soumise à ce que l'on appelle une "force de réaction totale" (FRT), qui correspond à la résultante des forces de pression exercées sur sa surface. (Pour la plupart des angles d'attaque, la pression sur la surface supérieure de la pale [extrados] diminue et celle de sa surface inférieure [intrados] augmente par rapport à la pression atmosphérique.)

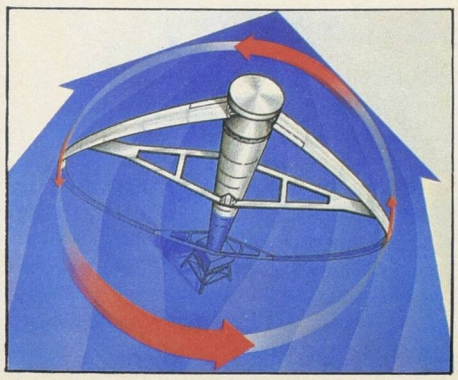
Celle-ci se compose en effet de deux forces, soit la "portance" (P), qui s'exerce le long d'une ligne perpendiculaire à l'écoulement de l'air, et la "traînée" (T), le long d'une ligne parallèle à l'écoulement de l'air.



Maintenant, examinons comment les composantes de chacune de ces forces (P et T) s'exercent le long de la ***ligne de corde*** *du profil d'aile.*

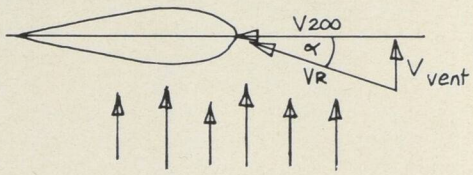


Ainsi que vous pouvez le constater, la portance est de beaucoup supérieure à la traînée, engendrant une force résultante nette le long de la ligne de corde qui tire l'aile ***vers l'avant****. Pour un bon profil d'aile, P est habituellement environ 50 fois supérieure à T, et c'est précisément cette caractéristique qui fait tourner le rotor!*


John Bianchi

Enfin, l'éolienne possède deux pales. Lorsque celles-ci tournent à leur vitesse optimale, soit environ 200 km/h au point équatorial de l'éolienne (vue en plongée, en bas à droite), elles sont "frappées" par un vent de 200 km/h à un angle d'attaque de 0° lorsque l'air est ***calme****.*

Ces conditions sont toutefois passablement modifiées lorsque le vent souffle. Si nous prenons un point sur la trajectoire circulaire des pales (AA) où celles-ci se déplacent perpendiculairement au vent à l'équateur, nous obtenons l'écoulement ***résultant*** *suivant:*

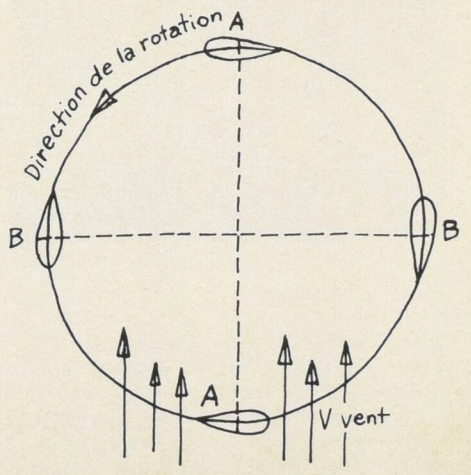


où V_R est la vitesse de l'écoulement résultant qui frappe les pales.

Dans ces conditions, des forces de portance et de traînée s'exerceront sur les pales, et une composante de la portance "tirera" sur les pales et les fera avancer le long de leur trajectoire circulaire. C'est cette force qui produit l'énergie nécessaire pour entraîner l'éolienne et la génératrice électrique.

Au point de la trajectoire où l'une des pales se trouve directement sous le vent et l'autre directement parallèle au vent (BB), les pales sont soumises uniquement à une force de ***traînée*** *très faible. La traînée est si faible que l'éolienne continue sa course en ne subissant qu'une perte d'énergie minime. Ainsi donc, l'éolienne tourne quelle que soit la direction du vent.*

Notons finalement que l'éolienne ne démarre pas toute seule parce qu'elle est normalement couplée à une "charge" (un dispositif électrique, par exemple), mais elle démarrerait toute seule à ***presque*** *tous les angles d'attaque du vent si elle n'était pas freinée de quelque façon.*



Vivre plus longtemps

Je vous écris en premier lieu pour vous féliciter ainsi que vos collaborateurs pour l'excellente qualité de la revue *Dimension Science*. Les articles y sont intéressants et la présentation est claire et souvent originale. C'est une revue tout à fait multidisciplinaire! En second lieu, j'aimerais faire référence à l'article sur la vitamine E (Dimension Science 1983/2, p. 25) car c'est un sujet qui m'intéresse énormément pour plusieurs raisons.

En 1969, à titre de président de l'Institut de chimie du Canada, j'ai eu l'occasion de m'adresser brièvement à une tribune de spécialistes des hauts polymères réunis à l'Université Queen. Mon allocution portait sur la sénescence (elle était en fait intitulée "Sans Everything", d'après l'oeuvre de Shakespeare). J'avais alors fait remarquer que, au cours de mes 35 années de carrière active dans l'industrie du caoutchouc, des plastiques et des fibres synthétiques, nous avons découvert des approches chimiques qui ont permis de prolonger considérablement la durée utile de ces matières. Ceci a été particulièrement notable dans le cas des caoutchoucs naturels grâce à l'addition d'agents antivieillissement (antioxygènes) et par le recours à de nouvelles techniques.

J'avais prévu que, si l'on s'attaquait au problème du vieillissement de la matière vivante avec la même ardeur, on pourrait trouver un moyen de prolonger la longévité humaine de, disons, 50 ans. J'ai donc demandé au groupe de se mettre immédiatement à l'oeuvre afin qu'il me soit également possible de tirer profit des résultats!

Comme vous pouvez le constater, l'utilisation de la vitamine E pour l'interruption des réactions en chaîne semble déjà être un pas dans la bonne direction.

En fait, je prends moi-même de la vitamine E depuis environ quatre ans. C'est un traitement que mon médecin m'a recommandé pour combattre certains troubles cardio-vasculaires dont je souffrais. Mon hypertension, qui n'en était pas le moindre, a baissé graduellement de 180/90 à 140/80, tandis qu'un autre de mes symptômes (l'irrégularité du rythme cardiaque) est relativement resté constant.

À une exception près, je me porte très bien pour mes 77 ans et j'ai l'intention de continuer à prendre de la vitamine E bien que je ne connaisse pas exactement la dose qui me convienne le mieux en la circonstance.

Cette exception, c'est l'arthrite et, au cours des quatre dernières années, elle a hélas considérablement empiré. Au début, seules mes chevilles étaient affectées d'ostéoarthrite mais, après deux ans, cette maladie a également atteint mes genoux et, récemment, elle a gagné mes hanches. Pour une raison qui m'échappe, le processus de sénescence s'est accéléré et il est difficile d'attribuer ce phénomène à un type d'arthrite qui agit par "usure".

Voudriez-vous avoir l'obligeance de demander (de ma part) aux Drs Burton et Ingold:

1) S'ils se sont penchés sur les processus chimiques qui entrent en jeu dans l'arthrite;

2) s'il existe un mécanisme chimique connu qui permettrait de ralentir ou d'accélérer la progression de cette maladie et

3) s'il est possible qu'elle soit accélérée de quelque façon par la vitamine E.

J'ai parfaitement conscience qu'il s'agit là d'un sujet très complexe. Pour le moment je continue à prendre des anti-inflammatoires et des analgésiques, mais ils ne semblent pas agir sur la cause du problème!

J'espère que mon cas personnel et l'intérêt que je porte à la question pourront inciter les Drs Burton et Ingold à appliquer leurs talents au domaine en question car je suis persuadé qu'ils pourraient y apporter de très utiles contributions.

Ne manquez pas, je vous prie, de les féliciter pour leurs travaux passionnants sur la vitamine E.

Norman S. Grace
Thunder Bay
Ontario

NDLR — Les Drs Burton et Ingold sympathisent avec vous, mais ils s'empressent d'ajouter qu'ils ne travaillent pas dans le domaine de la recherche médicale proprement dite et que, par conséquent, ils ne sont pas en mesure de faire des commentaires autorisés sur les processus chimiques qui entrent en jeu dans l'arthrite. Chimistes de profession, ils s'intéressent à la recherche fondamentale et, bien que leurs travaux pourraient avoir des retombées dans des domaines comme la médecine, ils ne sont toutefois pas en mesure d'émettre une opinion autorisée sur des sujets qui ne relèvent pas de leur domaine de compétence.

À propos d'Éole

Permettez-moi de vous féliciter de nous offrir un magazine scientifique d'une telle qualité.

On reçoit *Dimension Science* à l'école en français et j'en garde toujours des exemplaires dans ma classe pour mes élèves.

I also receive a copy in English at home. Mes élèves et moi-même apprécions beaucoup les deux versions.

Votre article intitulé "Avec ÉOLE — Face aux vents de la Gaspésie" m'a beaucoup intéressé. Pourriez-vous me dire avec précision (ou me mettre en rapport avec quelqu'un qui pourrait me dire) à qui m'adresser pour acheter et comment installer une source d'énergie de remplacement? Je possède un chalet qui n'est pas alimenté en électricité, et j'aimerais remédier à la situation.

Encore une fois, merci pour votre magazine and good luck in the future.

H. Caron
Winnipeg, Manitoba

NDLR — Selon nos chercheurs qui travaillent dans le domaine des éoliennes, la majeure partie de leur travail concerne les turbines à axe vertical de grande puissance conçues pour les compagnies d'électricité. Il s'ensuit qu'ils n'aiment pas donner des conseils sur des dispositifs plus petits conçus pour alimenter des maisons particulières, mais ils vous suggèrent de consulter le numéro de juillet 1982 de ***Popular Science*** *qui contient, à la page 53, un article de synthèse sur les moulins à vent, y compris les modèles à axe vertical, intitulé "Thirty-Three Windmills You Can Buy NOW".*

Vous pouvez recevoir l'information que le CNRC met à la disposition du public sur la recherche et le développement dans le domaine de l'énergie éolienne en écrivant au: Centre des renseignements sur l'énergie a/s de la Bibliothèque annexe de l'Énergie, Institut canadien de l'information scientifique et technique, Édifice M-55, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa K1A 0R6.

La plus haute montagne du monde

Dans *Dimension Science* (Vol. 16, N° 1, 1984 p. 7), vous écrivez: "Mauna Kea, Hawaii. C'est la plus grosse montagne du monde . . . ".

Tout le monde sait que c'est le mont Everest. Ou serait-ce faux?

Dennis Grégoire
Laval, Québec

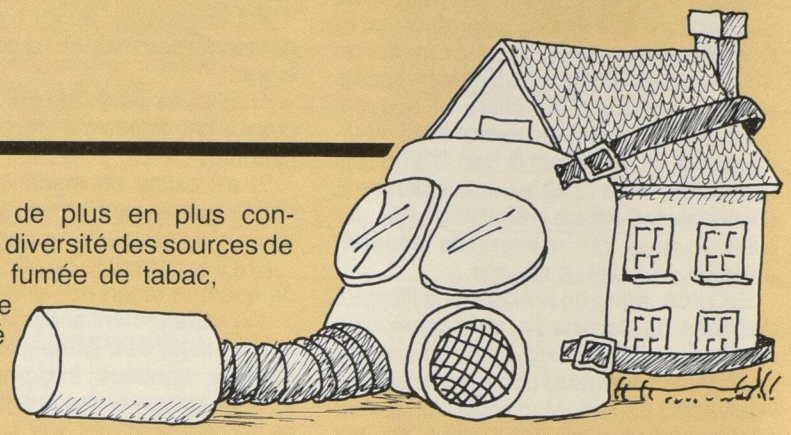
NDLR — Par rapport au niveau moyen de la mer, c'est le mont Everest; par rapport au fond de l'océan, c'est le Mauna Kea.

Couverture critiquée

J'ai reçu le dernier numéro de *Dimension Science* et j'ai une plainte à formuler concernant sa couverture. Pourquoi le CNRC (et donc le gouvernement du Canada) présente-t-il en page couverture d'une de ses publications deux personnes, dans la nature, tranquillement en train de fumer? Appuyons-nous tacitement l'idée que fumer est une habitude naturelle et bonne pour la santé? Auriez-vous mis en page couverture deux personnes en train de consommer de l'alcool? Le ministère de la Santé et du Bien-être social ne doit sûrement pas être très content de cette

Suite à la page 34

Capsules



La qualité de l'air intérieur

Respirer profondément est censé être bon pour la santé, mais voilà que la Science nous met en garde. Le gouvernement canadien a commencé il y a quelques années à se préoccuper de la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments à la suite des craintes exprimées par le public sur les effets que pourraient avoir sur la santé les émanations chimiques de la mousse isolante d'urée-formaldéhyde (MIUF). À la même époque, des pays comme l'Allemagne de l'Ouest se préoccupaient de l'émission de formaldéhyde des panneaux d'agglomérés, et les Scandinaves décelaient à l'intérieur de leurs bâtiments des niveaux inquiétants de radon (émanation de radium) provenant du sol et des roches.

Dans notre campagne de conservation de nos précieuses ressources énergétiques, non seulement avons-nous colmaté les fuites d'air des maisons, mais nous avons aussi réduit le renouvellement de l'air dans les édifices administratifs. Ces mesures peuvent avoir un effet secondaire indésirable; elles font en effet courir le risque d'une accumulation accrue de polluants produits à l'intérieur des pièces où nous passons le plus clair de notre temps. Résultat: l'installation de dispositifs d'aération mécaniques pourrait bien devenir obligatoire dans les nouvelles habitations.

On prend de plus en plus conscience de la diversité des sources de pollution. La fumée de tabac, dans laquelle on a identifié jusqu'ici 3 800 gaz et matières particulaires, en est un exemple assez évident. De même que la poussière d'amiante. Ce n'est toutefois pas le cas pour les gaz et les particules qui peuvent émaner d'appareils de cuisson et de chauffage mal ventilés. Du fait qu'ils utilisent des solvants organiques, les isolants, les produits en bois aggloméré, les revêtements de murs et de planchers et les ameublements émettent tous divers gaz. En outre, les produits de beauté, les "purificateurs" d'air et même certains produits utilisés pour le bricolage et la récréation peuvent venir épicer cette soupe chimique que nous respirons.

À la suite de l'interdiction d'utiliser de la MIUF, les ministres fédéraux et provinciaux de la Santé ont constitué un groupe de travail chargé d'élaborer des critères pour 17 indicateurs de la qualité de l'air intérieur. Il y a deux ans, le Comité (fédéral) de recherche sur l'économie de l'énergie dans le secteur du bâtiment (SCEB), créé par le Comité de la recherche et du développement énergétiques, faisait de la qualité de l'air intérieur sa priorité absolue. Le Dr Douglas Walkinshaw, président de SCEB et coordonnateur de la recherche sur la qualité de l'air intérieur à la Division des recherches en bâtiment du CNRC, remarque: "Nous avons d'excellentes raisons de réduire les échanges d'air des bâtiments avec l'extérieur pour mieux conserver leur chaleur étant donné l'impact de ces mesures sur les coûts de chauffage. Il s'agit maintenant d'identifier les polluants qui peuvent subsister à l'intérieur des édifices moins ventilés, et de déterminer l'effet qu'ils peuvent avoir sur notre santé."

Divers projets de recherche sont actuellement en cours au Canada: on utilise la spectrométrie de masse conjuguée à la chromatographie en phase gazeuse, ainsi que la microscopie électronique à balayage pour détecter et mesurer les gaz et les matières particulaires dans les milieux intérieurs. En outre, des indicateurs biologiques sont attentivement examinés. De dire Walkinshaw: "Ce qu'on cherche, c'est le canari du mineur, c'est-à-dire un système qui nous avertisse en cas de danger et nous en indique la source avant que notre santé ne soit menacée."

Bruce Henry est un rédacteur indépendant de Toronto.

Le béta-carotène et le cancer

On insiste souvent auprès des enfants pour qu'ils mangent leurs légumes mais, d'après de récents travaux effectués au CNRC, il semblerait que ces recommandations, qu'ils aimeraient entendre moins fréquemment, soient bien plus importantes qu'on ne le pense.

Les Drs Keith Ingold et Graham Burton ont expliqué comment l'activité chimique du béta-carotène, pigment jaune orange présent dans les carottes et dans d'autres légumes, pourrait protéger l'organisme contre la cancérisation. Leurs travaux permettent également de confirmer les résultats d'une étude effectuée il y a plusieurs années et qui avait indiqué que l'incidence du cancer était moins élevée chez les personnes dont la consommation de béta-carotène était supérieure à la moyenne.

Mais donnons la parole au Dr Burton: "L'une des théories sur la cancérisation attribue ce phénomène à l'action de radicaux libres, substances instables créées par les radiations, le rayonnement ultraviolet, les médicaments, etc. Les radicaux libres sont caractérisés par la présence d'un électron célibataire qui, cherchant à s'apparier à un autre électron pour atteindre une stabilité chimique, engendre des réactions en chaîne d'autoxydation".

D'après le Dr Burton, l'autoxydation se déroule au niveau de la membrane des cellules vivantes et de leurs organites. Elle serait déclenchée lorsqu'un radical libre réagit

avec l'oxygène moléculaire (présent dans l'organisme) pour former un radical péroxy qui est extrêmement réactif et avide d'hydrogène. En présence de ce composé, la membrane cellulaire qui comprend des graisses polyinsaturées, formées de chaînes d'hydrocarbures riches en hydrogène, constitue inévitablement une proie très vulnérable.

Lorsque le radical péroxy arrache un atome d'hydrogène à la membrane, il cause la rupture de l'une de ses chaînes d'hydrocarbure et la formation d'un nouveau radical libre. Ce dernier réagit avec l'oxygène pour former un nouveau radical péroxy qui démembre une autre chaîne d'hydrocarbure de la membrane et donne naissance à un nouveau radical libre. Ainsi, le cycle se perpétue produisant des troupes de radicaux libres qui attaquent la membrane cellulaire et finissent par la détruire.

ces enzymes et protège le milieu cellulaire contre leur action destructive. Cependant, lorsque celle-ci est affaiblie et qu'elle ne peut plus répondre à la tâche, les enzymes sont déversées à l'intérieur de la cellule qui finit par succomber sous leur appétit vorace.

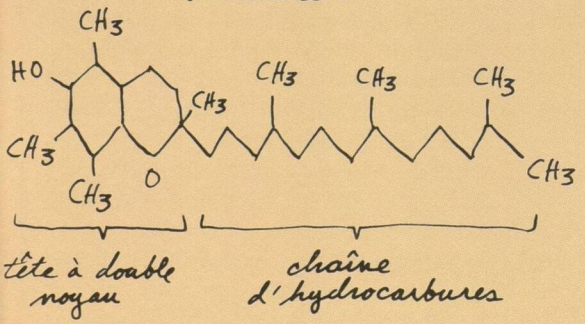
L'organisme dispose toutefois de plusieurs armes naturelles pour combattre l'autoxydation et éviter les conséquences désastreuses qu'elle entraîne. Les antioxygènes (substances qui permettent d'interrompre la réaction en chaîne d'autoxydation) en sont un exemple. En fait, jusqu'à tout récemment, le Dr Burton pensait que la vitamine E (voir *Dimension Science*, n° 2 de 1983) était le seul antioxygène qui entrait en jeu au niveau des tissus composés de corps gras, tels que la membrane cellulaire.

"Bruce Ams, spécialiste dans le domaine de la recherche sur le cancer, a commencé à s'intéresser à nos travaux sur la vitamine E en rapport avec la théorie sur le rôle des radicaux libres dans la cancérisation. Il soupçonnait la présence d'autres antioxygènes liposolubles dans l'organisme et, ayant appris que le béta-carotène semblait exercer un effet anticancéreux, il nous suggéra de l'étudier. Mais nos premières expériences effectuées en présence d'oxygène pur et d'air donnaient à penser que le béta-carotène, plutôt que d'arrêter l'autoxydation, favorisait cette réaction."

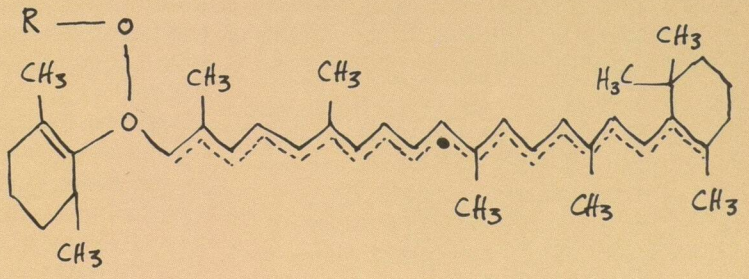
Les scientifiques étaient sur le point d'abandonner leurs travaux lorsqu'ils décidèrent d'entreprendre une dernière expérience. Cette fois-ci, la pression de l'oxygène avait été réduite au même niveau que celle du sang à l'intérieur des capillaires humains, ce qui est dix fois inférieur à la pression atmosphérique. Dans ces conditions, le béta-carotène s'est avéré être un antioxygène puissant, aussi efficace que la vitamine E à des pressions d'oxygène élevées.

La vitamine E, dont le mode d'action a été mis en évidence dans le cadre de travaux antérieurs, peut interrompre la réaction en chaîne d'autoxydation en "piégeant des radicaux" ou en cédant un atome d'hydrogène au radical péroxy avant qu'il n'en arrache un à la membrane cellulaire. La perte d'un atome d'hydrogène lui laisse toutefois un électron non apparié. Mais, l'effet de ce dernier est distribué sur la majeure partie de la molécule (voir schéma), atténuant ainsi sa réactivité. Par ce phénomène, une molécule qui, au dé-

Vitamine E



β- Carotène



L'effet de l'électron non apparié de la molécule de vitamine E est distribué sur son double noyau, nullifiant ainsi son activité.

le β-carotène forme un radical à "groupe carboné" lorsqu'il réagit avec le radical péroxy (ROO•) qui est affecté d'un électron célibataire.

L'autoxydation peut également entraîner la mort de la cellule puisque, privée de membrane, celle-ci est incapable de survivre. Mais le danger est imminent bien avant que les radicaux libres n'aient achevé leur ravage. En effet, une membrane altérée ne peut pas empêcher les agents cancérigènes de pénétrer à l'intérieur de la cellule et, de ce fait, celle-ci devient susceptible à la cancérisation.

Mais il y a également d'autres risques qui menacent la cellule. Certains de ses organites comme, par exemple, les lysosomes contiennent des enzymes puissantes qui interviennent dans la dégradation de protéines et d'autres composés. La membrane qui les enveloppe retient

part, serait considérée comme étant très réactive, devient tout simplement relativement stable. Cette répartition de la charge, appelée délocalisation, permet à la vitamine E de perdre un atome d'hydrogène sans toutefois être portée à le remplacer.

Le béta-carotène, quant à lui, piège les radicaux d'une façon différente. L'une de ses molécules se combine au radical péroxy pour former un radical à groupe carboné. Ce nouveau radical est également affecté d'un électron célibataire qui, comme dans le cas de la vitamine E, est délocalisé, et ceci permet à la molécule de demeurer relativement stable. L'effet ravageur du radical péroxy peut être ainsi contenu, mais *il y a* un hic . . .

En effet, le radical à groupe carboné peut réagir avec de l'oxygène pour former un nouveau radical péroxy qui engendre une nouvelle réaction en chaîne d'autoxydation. Mais, pour que cette réaction atteigne une vitesse considérable, la pression de l'oxygène doit être élevée. À de faibles pressions, elle se déroule à un rythme négligeable, et c'est donc dans ces conditions que le béta-carotène agit comme un anti-oxygène.

Si la théorie sur le rôle des radicaux libres dans la cancérisation s'avère exacte, les travaux des Drs Burton et Ingold, en plus d'avoir expliqué comment le béta-carotène peut mettre fin aux ravages des radicaux libres, auront également permis de démontrer comment ce pigment peut arrêter le cancer.

Anne McIlroy est une rédactrice indépendante d'Ottawa.

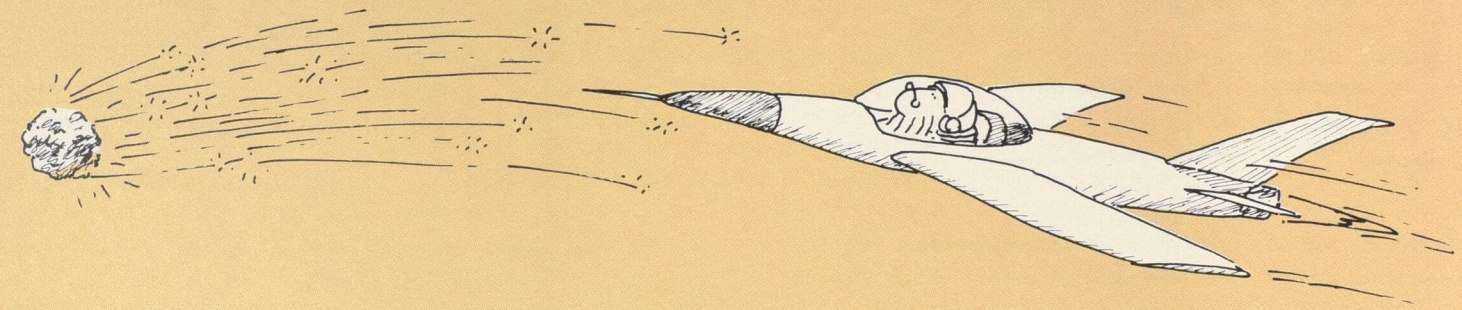
À l'affût des météorites

Trois astronomes de l'Institut Herzberg d'astrophysique du Conseil national de recherches qui étudient la fréquence des chutes de météorites sur la Terre ont récemment publié un article dans la prestigieuse revue *Science* de l'*American Association for the Advancement of Science*.

"Cet article présente les données les plus fiables recueillies jusqu'ici sur le flux des météorites", indique Ian Halliday, qui est l'un des coauteurs du rapport avec Alan T. Blackwell et Arthur A. Griffin. Ces derniers ont compilé les observations effectuées sur une période de neuf années à l'aide d'un réseau de 60 chambres photographiques situé dans l'Ouest canadien dans le cadre du Programme d'observation et de récupération des météorites. Bien que d'autres réseaux semblables soient utilisés pour photographier des météoroïdes (ces débris de matière très brillants dont sont issus les météorites) depuis deux décennies, Halliday affirme que son équipe est la première à utiliser les données fournies par le réseau pour déterminer le taux des météorites qui atteignent le sol.

D'expliquer Halliday: "Jusqu'ici, les scientifiques qui cherchaient à déterminer le flux des météorites ne faisaient que calculer le nombre de météorites retrouvées au sol dans des régions très peuplées. Notre méthode consiste à observer certaines parties du ciel pendant une période donnée et à calculer le nombre de météorites d'une certaine masse qui se précipitent vers la Terre. À ma connaissance, nous sommes les seuls à avoir utilisé cette méthode, les autres réseaux photographiques servant plutôt à localiser les météorites et à étudier leurs orbites."

Le réseau photographique canadien sert également à récupérer des météorites. Les appareils ne fonctionnent que la nuit, par ciel dégagé. Ils photographient les météoroïdes qui se déplacent à des vitesses comprises entre 11 et 72 km/s à l'intérieur d'une zone située à une altitude de 90 à 20 km. À une altitude inférieure à 20 km, les météorites sont ralenties par l'atmosphère terrestre et ne sont plus lumineuses. Les appareils perdent alors leur trace et Halliday et ses collègues doivent tenter de prédire mathématiquement la trajectoire qu'elles suivront sur la distance restante.



Ils peuvent déterminer à quelques centaines de mètres près l'emplacement de la météorite au moment où les appareils ont perdu sa trace et évaluer son taux de décélération ainsi que sa masse, bien que des facteurs inconnus, comme la forme de la météorite, rendent cette dernière tâche difficile. Ces données permettent de prédire au moyen d'une équation couramment utilisée en balistique la zone d'impact probable de la météorite dans un périmètre de quelques kilomètres carrés.

Le ratissage d'une superficie de quelques kilomètres peut sembler une opération facile mais, lorsqu'il s'agit d'un marécage ou d'une forêt, les difficultés peuvent être quasi insurmontables. Halliday rapporte que la majorité des scientifiques qui tentent de récupérer des météorites se butent à ce genre d'obstacles physiques: chacun des trois réseaux photographiques existant dans le monde n'a enregistré qu'une seule mission réussie où des fragments de météorite ont été récupérés grâce aux indications fournies par les clichés du météoroïde primitif.

Le succès canadien remonte à sept années passées, en février 1977, lorsque les astronomes sont allés en motoneiges récupérer un fragment météoritique de 2 kg à proximité du lieu d'impact prévu. Après la fonte des neiges au printemps, ils ont retrouvé plusieurs autres fragments de la météorite, ce qui, au dire d'Halliday, en fait l'une des plus complètes dans le monde.

Mais de tels succès sont plutôt rares. Parfois, les météorites sont détruites par suite de l'échauffement atmosphérique et n'atteignent jamais la Terre. Le vent peut également fausser les calculs, même lorsque les meilleures données météorologiques disponibles sont prises en compte. Les obstacles à la récupération de météorites sont nombreux et, ainsi que l'affirment Halliday, Blackwell et Griffin dans leur rapport: "Il ne fait aucun doute que seul un très faible pourcentage de la moisson potentielle est récolté."

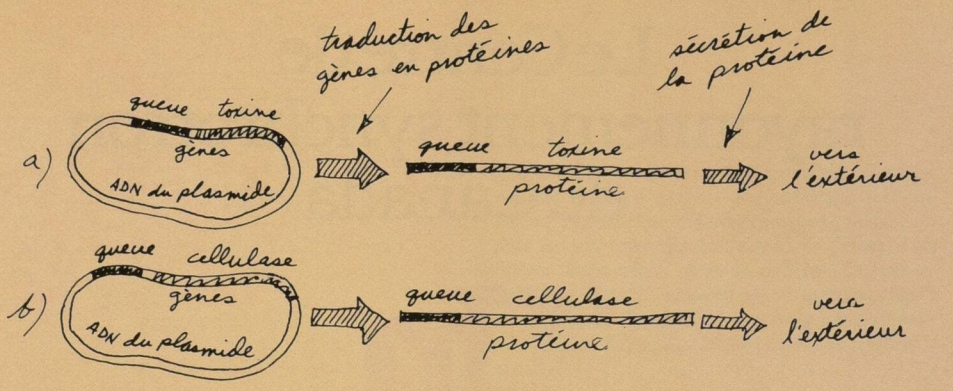
Anne McIlroy est une rédactrice indépendante d'Ottawa.

Levures à l'oeuvre

La production de protéines ou de polypeptides d'une grande valeur médicinale par l'introduction de leurs gènes dans des levures ou des bactéries ne constitue que la première étape sur la voie de la commercialisation de ces substances. L'étape suivante, particulièrement importante du point de vue économique, consiste à séparer les protéines ainsi obtenues de toutes les autres molécules présentes dans le même milieu. Les généticiens cherchent actuellement le meilleur moyen d'y parvenir, et l'une des solutions envisagées par des chercheurs du CNRC, à Ottawa, est d'induire un micro-organisme, en l'occurrence une levure, à sécréter ces protéines. De cette façon, on n'aurait plus besoin, comme c'est le cas présentement, de rompre la membrane du micro-organisme pour libérer la protéine recherchée, puis de séparer cette dernière des autres molécules déversées simultanément dans le milieu.

Le Dr David Thomas, de concert avec les Drs Nigel Skipper et Peter Lau, chercheurs associés à la Division des sciences biologiques, ont consacré les trois dernières années à l'étude du mécanisme par lequel certaines levures secrètent des protéines, ce qui est une de leurs fonctions naturelles. Leur objectif était de faire servir ce mécanisme à l'acheminement des protéines utiles produites à l'aide de techniques de recombinaison génétique. Ils y sont parvenus et, au mois de mars dernier, les chercheurs de l'équipe du CNRC et de l'Université McGill, à Montréal, ont obtenu conjointement un brevet qui sanctionne le succès de leurs efforts.

Le Dr Thomas et ses collègues, en collaboration avec Suzan Lolle et Howard Bussy, de l'Université McGill, ont d'abord identifié une espèce de levure capable de sécréter une protéine dans le milieu environnant. La protéine en question, qui s'avéra être une substance toxique, était sécrétée par la levure pour détruire d'autres micro-organismes en cas de compétition. Les chercheurs avaient déjà constaté, à la suite de travaux antérieurs, que pour être sécrétée à l'extérieur de la levure, la toxine devait être munie d'une longue "queue" polypeptidique qu'elle accroche au système de sécrétion pour se frayer un passage à travers la paroi cellulaire. S'ils parvenaient à fixer une pareille queue à une protéine intéressante, celle-ci pourrait probablement être acheminée vers l'extérieur de la même façon.



a) Plasmide de levure après insertion des gènes codant pour la toxine et sa queue. Le gène codant pour la queue est traduit en une protéine qui permet à la toxine de traverser la paroi cellulaire.

b) La toxine est remplacée par une protéine de grande valeur (cellulase), mais le mécanisme demeure inchangé.

Mais, avant d'en arriver là, l'équipe de chercheurs devait d'abord isoler le gène responsable de la synthèse de la toxine et de sa queue, puis l'insérer dans une autre espèce de levure afin de vérifier la prise de la greffe du gène et de s'assurer que la sécrétion subséquente de la toxine était réalisée.

Pour implanter le gène, les scientifiques ont fait appel à des techniques éprouvées qui sont désormais d'usage courant en génie génétique. Ils ont extrait une boucle naturelle d'ADN (appelée plasmide) d'une levure et y ont inséré le gène codant pour la toxine et sa queue. Le plasmide 'hybride' ainsi obtenu a été par la suite réintroduit dans la levure originale et celle-ci a été cultivée sur un milieu nutritif. Après un certain temps, l'examen de la culture a révélé que la toxine était bien sécrétée à l'extérieur de la cellule comme prévu. À l'heure actuelle, il ne reste plus à l'équipe de chercheurs du CNRC et de l'Université McGill qu'à insérer les gènes codant pour des protéines de grande valeur dans la région du gène de la toxine afin de vérifier si le système de sécrétion fonctionne de la même façon avec différentes sortes de protéines. D'après le Dr Thomas, les travaux effectués jusqu'à présent auraient déjà donné des résultats très prometteurs.

On entrevoit en particulier la possibilité d'induire la sécrétion de la cellulase (enzyme intervenant dans la dégradation de la cellulose) en introduisant le gène responsable de cette fonction dans le véhicule de sécrétion d'une levure. Les scientifiques envisagent de réaliser la décomposition du bois (fibres de cellulose) en utilisant des levures ainsi modifiées. À l'aide de leur enzyme, celles-ci pourraient décomposer la cellulose en glucose qu'elles fermenteraient par la suite pour produire de l'éthanol, lequel est un excellent combustible et une matière première de grande utilité pour l'industrie chimique. Ceci constituerait un système biotechnologique idéal auquel il suffirait de fournir du bois pour obtenir de l'éthanol.

Le Dr Thomas nous avertit, cependant, qu'il reste beaucoup à faire avant d'en arriver là. Et, bien que la technique utilisée pour induire la sécrétion d'une protéine donnée ait attiré l'attention de plusieurs compagnies de biotechnologie, il s'avère nécessaire de maintenir l'effort de recherche fondamentale pour trouver une solution aux nombreux problèmes qu'elle présente encore.

Peggy Herring est une rédactrice indépendante d'Ottawa.

Dessins par John Bianchi

Le Centre de rayonnement synchrotron du Canada

Un piège pour la lumière de l'électron

par Bill Atkinson

Le rayonnement intense produit par les accélérateurs de particules, considéré comme un simple objet de curiosité lors de sa découverte, éclaire d'un jour nouveau des éléments comme la cellule et les microcircuits électroniques

"La recherche dont on peut prédire l'issue ne mérite pas le nom de recherche", affirme un éminent physicien.

L'histoire de la Science semble lui donner raison: des découvertes aussi importantes que les rayons X et la pénicilline sont d'abord apparues comme des sous-produits de travaux de recherche visant des objectifs tout à fait différents. Même chose pour le synchrotron. Cet appareil, utilisé en physique des hautes énergies, accélère des électrons à l'aide de champs magnétiques et électriques synchronisés ("synchrotron" vient de *synchronously-accelerated electron*). Conçu initialement pour la recherche à l'échelle subnucléaire, il a contribué à d'importants succès dans ce domaine. Toutefois, un des sous-produits du synchrotron pourrait s'avérer tout aussi intéressant: il s'agit de la lumière produite lorsque l'on oblige les électrons qu'il accélère à changer leur trajectoire.

Au début, cette "lumière synchrotron" n'était, elle aussi, qu'un simple objet de curiosité. Jusqu'à ce que des radioastronomes découvrent que l'espace renferme d'énormes sources naturelles de ce rayonnement dit "synchrotron". Aujourd'hui, des biologistes et des ingénieurs en informatique s'intéressent au rayonnement synchrotron artificiel pour observer, sous un angle nouveau et fascinant, l'infiniment petit.

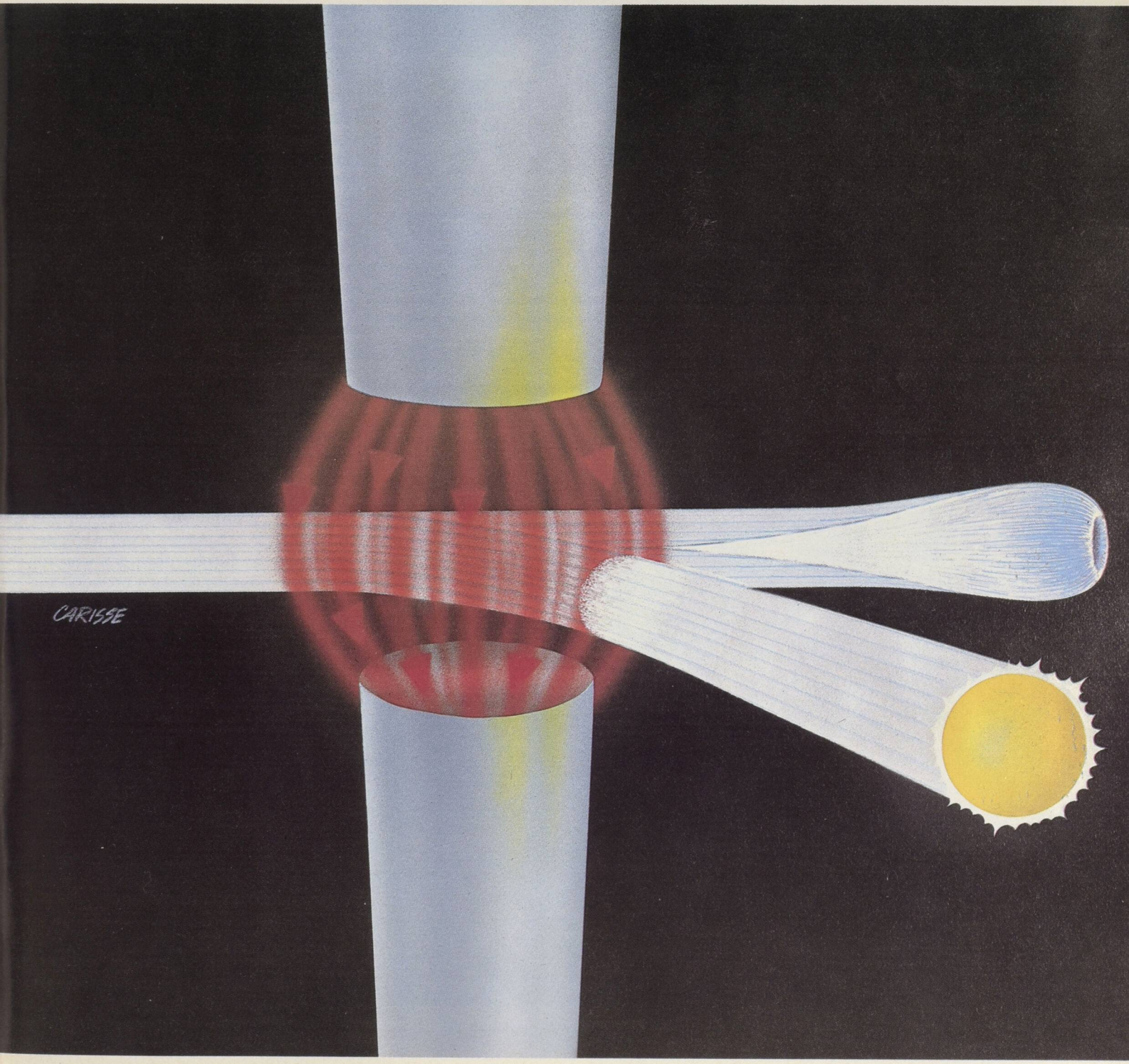
"Le rayonnement synchrotron présente un spectre électromagnétique large et continu", explique le Dr Norm Sherman, de la Division de physique du CNRC. "Contrairement au laser qui ne produit qu'une longueur d'onde à la fois, il offre une très large palette de longueurs d'onde photoniques qui s'étend des ondes radio aux rayons X de grandes longueurs d'onde dits 'mous', en passant par la lumière visible."

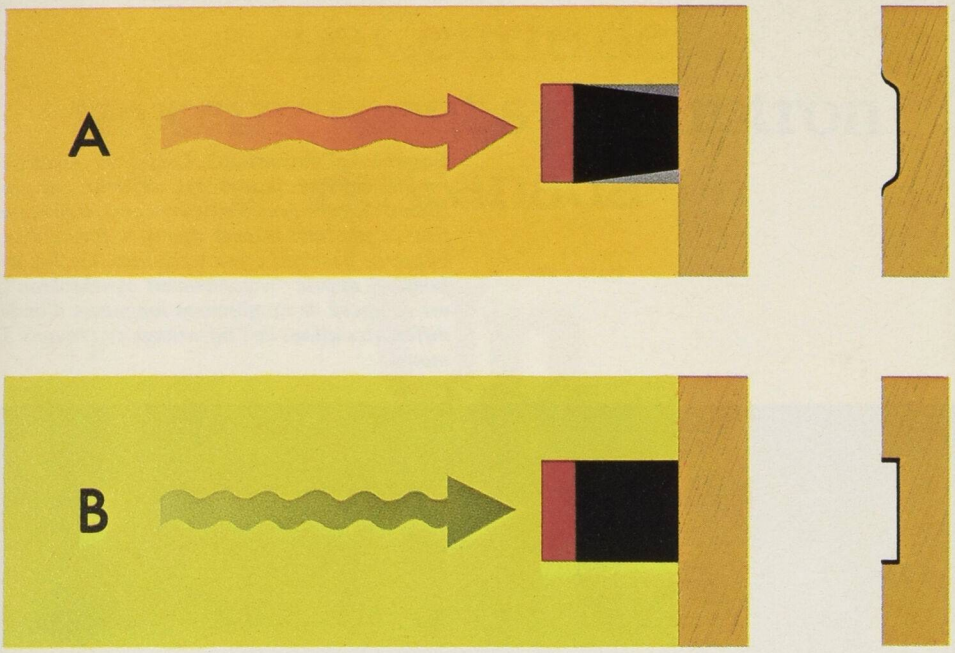
Sherman supervise le financement du Centre de rayonnement synchrotron du Canada (CRSC), la plus récente des installations nationales du CNRC. Une province ou une entreprise isolée ne peut habituellement se permettre de financer de telles installations scientifiques et techniques (les grands télescopes, les bassins de simulation de vagues et les souffleries en sont des exemples), qui nécessitent un investissement élevé. Le CRSC est la seule installation, à l'exception du Télescope Canada-France-Hawaii, qui ne soit pas située en territoire canadien. Pour l'utiliser, les scientifiques canadiens doivent se rendre sur le site de l'anneau de stockage d'électrons TANTALUS, près de Madison, au Wisconsin.

"TANTALUS est un 'maître anneau' conçu expressément pour produire un rayonnement synchrotron", précise Sherman. "Il s'agit essentiellement d'un anneau creux de 10 m de diamètre, dont les côtés sont percés d'ouvertures appelées 'hublots'. À l'intérieur de cet anneau, qui est maintenu sous un vide poussé — environ un dix-billionième d'atmosphère — les électrons sont accélérés à une vitesse légèrement inférieure à celle de la lumière. Lorsque l'on dévie la trajectoire du faisceau d'électrons à l'aide d'aimants, un rayonnement synchrotron émerge à travers un des hublots et pénètre dans une ligne de faisceau, où se poursuivent les expériences."

TANTALUS possède plusieurs de ces lignes. L'une d'entre elles, qui forme le CRSC, appartient au Cana-

Comment l'obtient-on? *Lorsqu'un électron rapide* **(sphère jaune)** *est défléchi par un champ magnétique* **(flèches rouges)**, *il émet un flux de photons intense ayant la forme d'un bâton de baseball creux* **(à droite)**. *Ce flux de lumière, appelé "rayonnement synchrotron", est composé de nombreuses longueurs d'onde différentes allant de l'infrarouge aux rayons X mous.*

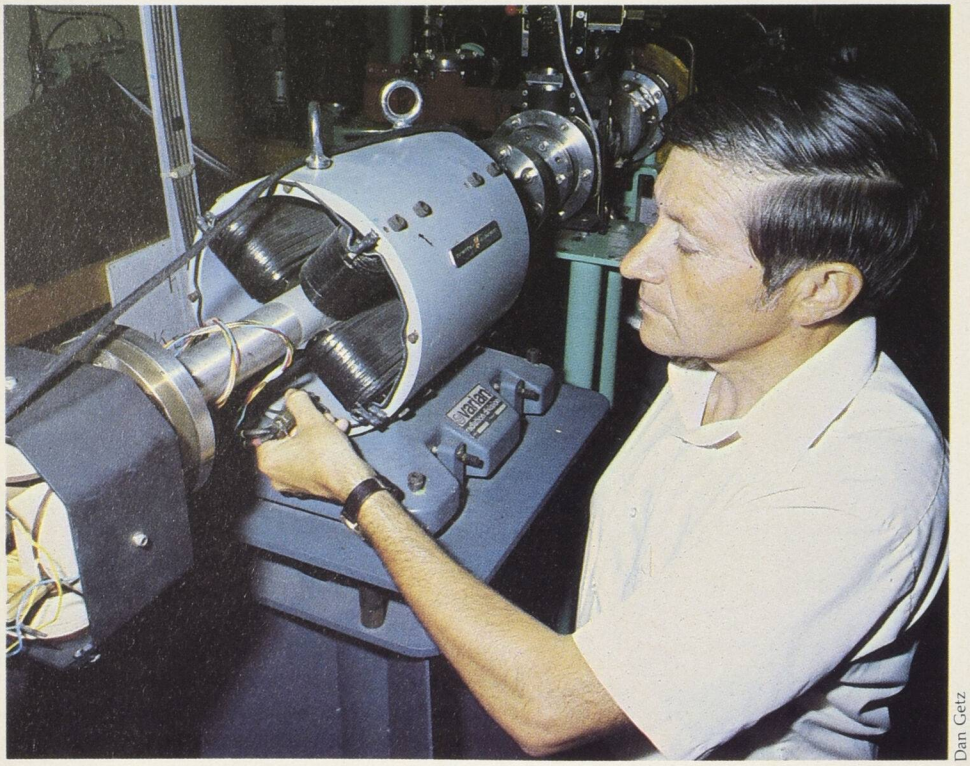




Carisse Graphic Design Ltd.

À quoi sert-il? *L'une des applications industrielles possibles du rayonnement synchrotron est la microlithographie, technique couramment utilisée pour la fabrication des microcircuits. Elle consiste à placer un masque* **(en rouge)** *entre la source lumineuse et une surface photosensible spéciale* **(en jaune clair)**; *la lumière provoque des changements au niveau de la surface uniquement aux endroits où le masque intercalé ne projette pas d'ombre. On enlève ensuite, grâce à un procédé de développement chimique, les matériaux non exposés à la lumière, c'est-à-dire situés dans l'ombre du masque. Cette technique permet de reproduire de façon permanente le dessin du masque sur la surface.*

(A) Le rayonnement de grande longueur d'onde actuellement utilisé pour la microgravure commerciale **(flèche orange, en haut)** *subit une diffraction sur les bords du masque, ce qui crée une zone partiellement exposée* **(triangles gris)** *et produit un flou inacceptable pour la reproduction de très petits dessins. (B) Toutefois, les rayons X "mous" produits par le rayonnement synchrotron* **(flèche grise, en bas)** *ont une longueur d'onde plus courte et une diffraction moindre, ce qui permet d'obtenir un dessin beaucoup plus précis* **(en bas, à droite)** *et de réduire la taille des microcircuits.*



Dan Getz

Le Dr Norm Sherman: Le rayonnement synchrotron offre une très large palette de longueurs d'onde photoniques.

da et est rattachée à un hublot qui a été donné par l'Université du Wisconsin. Sherman estime que cet arrangement profite aux deux parties.

"Le Canada aurait dû débourser jusqu'à dix millions de dollars pour se doter de son propre anneau de stockage, sans compter le prix des instruments. Ici, nous profitons des mêmes avantages pour le prix des instruments seulement." Qu'obtient le Wisconsin en contrepartie? "Nous avons commandé notre instrument le plus coûteux à une entreprise du Wisconsin. Mais ce don est motivé surtout par la générosité. Il ne fait aucun doute qu'en accordant l'utilisation exclusive d'un hublot de TANTALUS à leur voisin du Nord, le Wisconsin a eu le geste large."

L'instrument coûteux auquel fait allusion Sherman est le "monochromateur à patte de sauterelle". Le premier terme signifie "qui ne mesure qu'une seule couleur" et c'est précisément ce que fait l'instrument: il sélectionne un niveau d'énergie photonique parmi l'ensemble du spectre produit par TANTALUS. Le deuxième réfère de façon fantaisiste à l'apparence du monochromateur: un bras articulé, qui ressemble au membre postérieur de l'insecte, fait pivoter un réseau de diffraction et modifie l'angle sous lequel la lumière synchrotron frappe l'instrument. La modulation de cet "angle d'incidence rasante" permet de sélectionner la longueur d'onde du rayonnement qui sort du monochromateur pour entrer dans la ligne de faisceau adjacente.

Les chercheurs du CRSC se servent du rayonnement de longueur d'onde définie extrait du spectre synchrotron pour réaliser diverses expériences. Le Dr Mike Bancroft, de l'Université de Western Ontario — d'où provient la majorité du personnel scientifique travaillant au CRSC — se sert des longueurs d'onde situées entre l'ultraviolet et les rayons X pour explorer la constitution des molécules.

"Cette technique s'appelle la spectroscopie photoélectronique", précise-t-il. "En bombardant un échantillon avec des photons synchrotron et en interceptant les électrons qui en émergent, nous obtenons des informations sur les molécules dont ils proviennent." Bien que cette tech-

nique ne soit pas originale, la lumière spéciale de TANTALUS a permis à Bancroft et à ses étudiants d'accroître la précision des résultats obtenus par un facteur de dix.

"Aux longueurs d'onde ultraviolettes, affirme Bancroft, le CRSC offre la meilleure résolution photoélectronique jamais atteinte dans le monde."

Les travaux de Bancroft visent un double objectif. Premièrement, ils visent à déterminer les potentiels d'ionisation d'atomes et de molécules inorganiques de grandes dimensions. Le potentiel d'ionisation, qui correspond à l'énergie nécessaire pour arracher totalement un électron du noyau atomique auquel il est lié, constitue un indicateur clé des propriétés chimiques d'une molécule comme, par exemple, la vitesse à laquelle elle peut réagir avec d'autres substances. Deuxièmement, Bancroft étudie les niveaux d'énergie orbitale des molécules en vue de mieux connaître la nature fondamentale des liaisons chimiques. "Il s'agit de recherche pure", ajoute-t-il avec un sourire. "Je ne peux vous citer aucune application courante de ces recherches mais je puis vous assurer qu'il y en aura certainement un jour. Et celles-ci seront probablement totalement inattendues, tout comme le fut la lumière synchrotron."

Pour d'autres chercheurs canadiens, l'utilisation des courtes longueurs d'onde fournies par TANTALUS ouvre un champ d'exploration entièrement nouveau en biologie. Les techniques actuellement utilisées en microscopie ne permettent d'examiner que des échantillons morts — parfois congelés, toujours desséchés. Or l'eau compte pour beaucoup dans le volume de la matière vivante et l'extraire peut entraîner la déformation des cellules. En outre, le processus de congélation entraîne souvent la rupture des délicates microstructures intracellulaires, de sorte que le biologiste n'observe pas la vie mais plutôt les débris de celle-ci. Toutefois, grâce aux rayons X mous fournis par TANTALUS, les microscopistes peuvent examiner des cellules vivantes... ou ce qui s'en rapproche le plus.

"Les cellules sont encore vivantes lorsque nous les fixons au support d'examen fait d'un plastique acrylique", explique K.H. Tan, boursier postdoctoral travaillant avec Bancroft. "Il est vrai que les rayons X tuent les cellules, mais au moins elles sont tuées sur place. Nous avons donc une meilleure idée de la constitution de la cellule vivante.

"On pourrait comparer ce procédé à la photographie instantanée. À l'instant où la photo est prise, ce n'est plus tout à fait la vie, mais la cellule vivait encore au moment où le déclic s'est produit. La microscopie par rayons X synchrotron se rapproche davantage d'une image prise sur le vif que les techniques de congélation et de dissection courantes."

Une autre utilisation du rayonnement synchrotron est la microlithographie. Cette technique consiste à placer un masque entre la source lumineuse du monochromateur et une surface photosensible spéciale. On expose ensuite la surface à la lumière synchrotron, qui provoque des changements moléculaires au niveau de la surface uniquement aux endroits où le masque intercalé ne projette pas d'ombre. En développant la surface exposée, on obtient un double photographique du masque original. Cette technique n'est pas nouvelle non plus mais les propriétés uniques du rayonnement synchrotron l'ont totalement renouvelée.

"Plus la longueur d'onde est courte, meilleure est la définition de l'image produite par ce procédé", déclare le Dr Doug Shinozaki, ingénieur à l'Université de Western Ontario. "Les grandes longueurs d'onde subissent une diffraction plus grande sur les bords du masque, ce qui fait perdre de la netteté à l'ombre projetée sur la surface photosensible. L'industrie se sert présentement d'un rayonnement de longueur d'onde d'environ mille nanomètres pour photograver des microcircuits intégrés sur des supports de silicium; TANTALUS fournit une source puissante de photons dont la longueur d'onde n'est que de cinq nanomètres. On pourrait donc fabriquer des microcircuits de mêmes dimensions que ceux qui sont produits actuellement mais deux cent fois plus précis, ou aussi précis mais deux cent fois plus petits."

Mais la meilleure nouvelle, selon Shinozaki et Bancroft, c'est que toute la recherche faite jusqu'ici à l'aide du CRSC et de TANTALUS n'est que préparatoire. En effet, l'Université du Wisconsin termine actuellement la construction d'un nouvel anneau de stockage d'électrons, ALADDIN, qui sera deux fois plus gros et produira quatre fois plus d'énergie que TANTALUS. Lorsqu'il sera mis en service, ALADDIN fournira un rayonnement synchrotron encore plus intense. Et, grâce à la générosité du Wisconsin, toute l'équipe du Centre de rayonnement synchrotron du Canada pourra faire ses valises et déménager sur le site du nouveau roi des anneaux, en emportant tout son matériel, y compris le fameux monochromateur.

U.W.O.

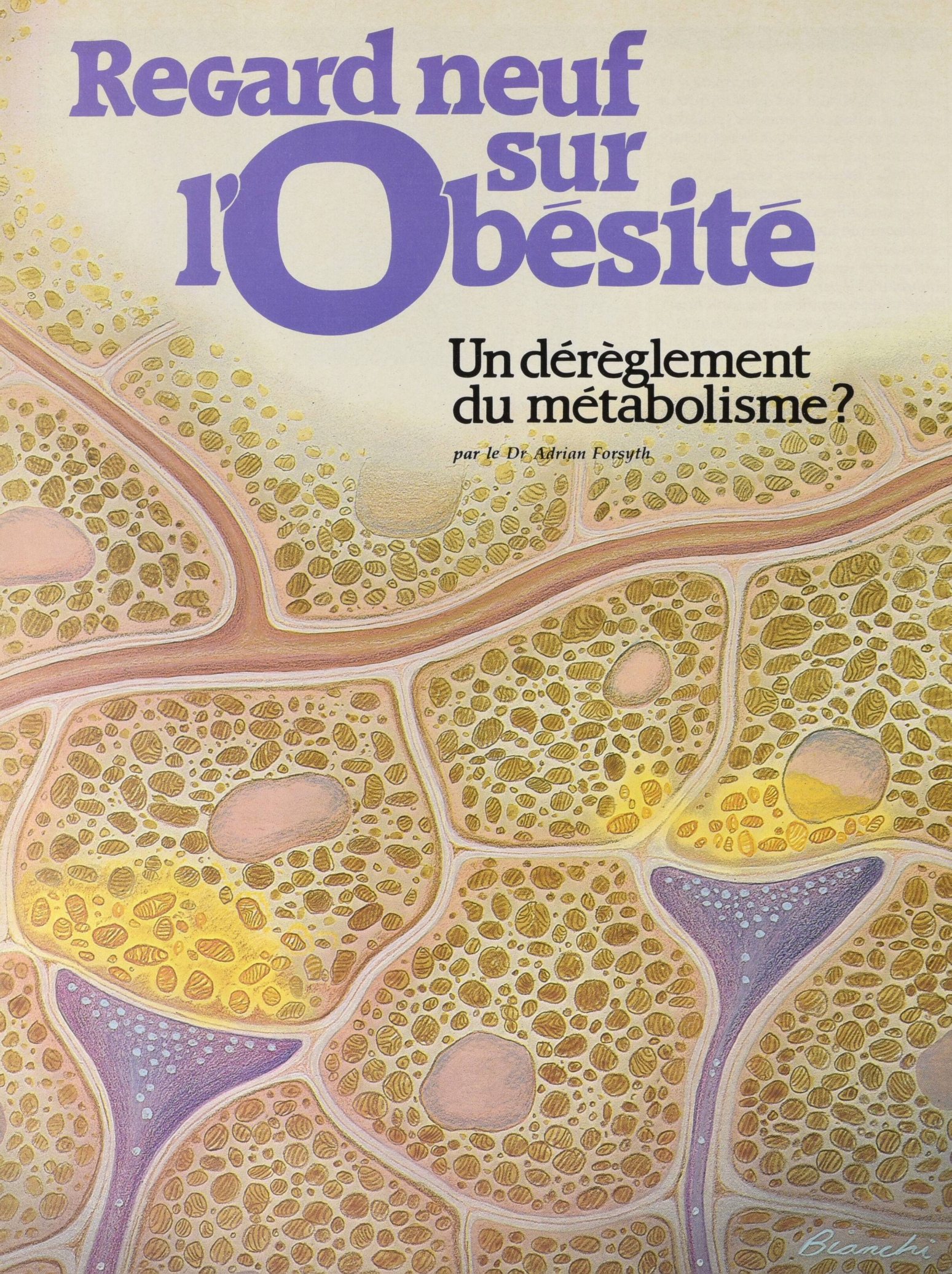
Inauguration de la ligne de faisceau canadienne au Wisconsin, en 1983 — De g. à d.: Norman Sherman (CNRC), Bill McGowan (U.W.O.), Brian Yates (U.W.O.), Ed Rowe (directeur, Synchrotron Radiation Center, Université du Wisconsin), Brenda Addison (U.W.O.), Mike Bancroft (U.W.O), Kim Tan (attaché de recherche responsable de la ligne de faisceau canadienne).

Adaptation française: Line Bastrash

Regard neuf sur l'Obésité

Un dérèglement du métabolisme?

par le Dr Adrian Forsyth



L'équation de l'obésité est d'une simplicité trompeuse: les calories absorbées sont plus nombreuses que les calories dépensées. En clair: plus on en mange et moins on en brûle, plus on grossit. (Bien qu'on parle encore de calories dans le langage courant, l'unité métrique de l'énergie est le joule.)

Malheureusement, on ne peut calculer facilement qu'un terme de l'équation: la teneur calorifique des aliments. Comprendre et mesurer comment l'organisme ajuste son métabolisme pour brûler les joules excédentaires est beaucoup plus difficile. Mais voilà que des chercheurs canadiens sont parvenus à percer certains mystères de notre équilibre énergétique. Ils ont démontré le rôle important de la graisse brune — ou tissu adipeux brun (T.A.B.) — dans la dépense d'énergie excédentaire et surtout, l'importance de sa carence comme facteur d'obésité. L'histoire de ces découvertes témoigne des avantages qui découlent de la biologie expérimentale pour l'Homme.

La graisse brune était déjà connue il y a quatre siècles: on avait décelé la présence de ce tissu adipeux rougeâtre chez les marmottes européennes (*Muris alpinus*) en état d'hibernation, particulièrement entre les omoplates et autour du cou et du coeur. On allait en trouver chez d'autres petits mammifères, notamment chez ceux vivant en milieu froid ou pratiquant l'hibernation: les rats, les chauves-souris, les cochons d'Inde, les hérissons. Aussi, chez les nouveaux-nés humains. En 400 ans, on a émis toutes sortes d'hypothèses sur son rôle: une glande d'hibernation, une glande endocrine, un tissu de réserves adipeuses, même un organe de production sanguine.

Toutes ces hypothèses sont fausses. Le rôle de la graisse brune s'est avéré fondamentalement différent, en fait presque à l'opposé, de celui de la graisse blanche, le tissu adipeux commun. Alors que la graisse blanche emmagasine l'énergie sous forme de molécules lipidiques et agit comme isolant, la graisse brune se révèle une véritable fournaise métabolique capable de produire de grandes quantités de chaleur et de réchauffer certains organes vitaux comme le coeur et le cerveau.

La graisse brune n'est pas le seul tissu à produire de la chaleur et à assurer l'équilibre énergétique. En fait, toutes les cellules vivantes émettent de la chaleur comme sous-produit de leurs réactions biochimiques. Les mammifères utilisent aussi d'autres techniques de thermorégulation. Lors d'exercices ou de mouvements, par exemple, les contractions musculaires engendrent de la chaleur. Le frisson produit le même effet. Mais ces méthodes ont des désavantages: les muscles utilisés dans les actions coordonnées comme la marche ou la course s'accommodent mal des secousses perturbatrices du frisson. De plus, un petit mammifère tremblotant ou courant dans le froid devient une proie facile pour les prédateurs au regard perçant. Enfin, certains nouveaux-nés comme les bébés humains sont tout simplement incapables de frissonner.

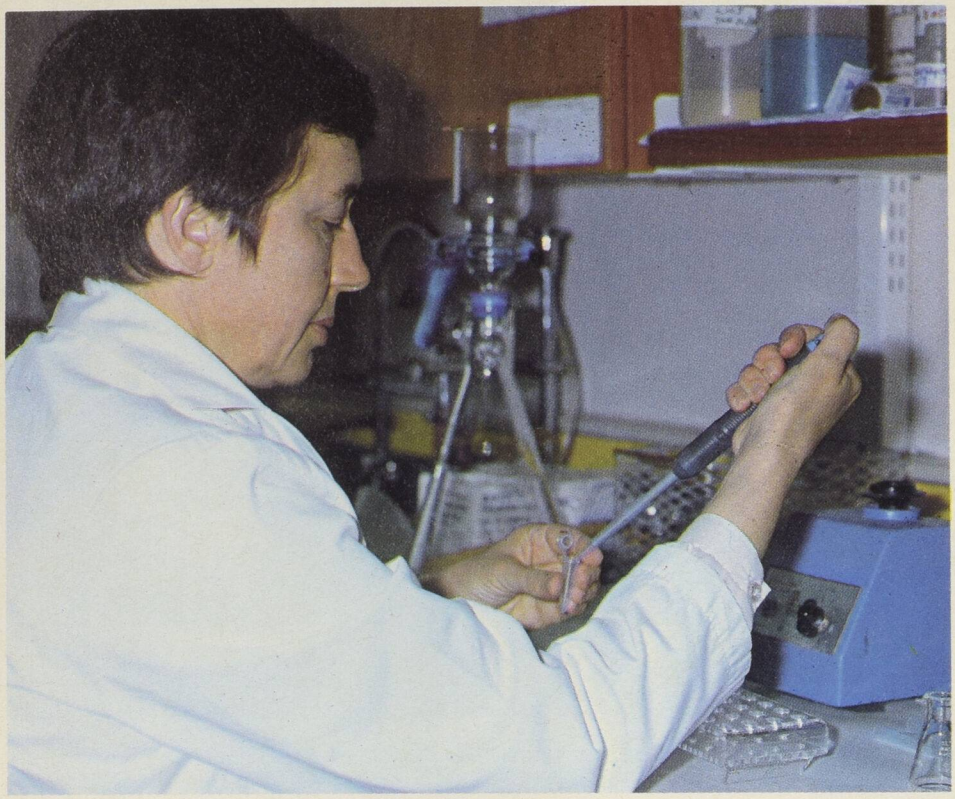
Mais il existe un autre recours. Pour mettre celui-ci en évidence, les chercheurs utilisent le curare. Cette substance paralysante tirée des plantes tropicales est utilisée dans certaines tribus amérindiennes par les chasseurs, qui en enduisent les fléchettes de leurs sarbacanes pour faire tomber de leur perchoir les singes, aras et autres proies de la jungle. Le curare paralyse les animaux en bloquant l'influx nerveux vers les muscles. Un rat injecté au curare ne peut frissonner; en fait, il ne peut plus bouger du tout. Mais

NFB Photothèque

Comme tous les nouveau-nées, ce bébé est doté de réserves de graisse brune localisées entre les omoplates, autour du cou, sous le sternum et le long de la colonne vertébrale. Ces réserves semblent disparaître quelques jours après la naissance bien que l'on ait déjà identifié quelques cellules de TAB dans la graisse blanche d'adultes.

Le fonctionnement du tissu adipeux brun (TAB). Le TAB, tissu très vascularisé et innervé par le système nerveux sympathique (en violet), doit sa capacité calorifique et sa couleur au nombre considérable de mitochondries (corps hachurés en brun) contenues dans chacune de ses cellules. Les mitochondries sont les réservoirs énergétiques de la cellule; elles utilisent les produits de la dégradation de molécules nutritives, telles que les acides gras, pour synthétiser de l'adénosine triphosphate (ATP), substance énergétique qui anime le métabolisme cellulaire. Lorsque l'organisme est exposé à une baisse de température, le système nerveux sympathique, stimulé par cette variation thermique, produit de la noradrénaline (taches bleues), neurotransmetteur qui donne aux mitochondries le signal de commencer à oxyder des acides gras. Contrairement aux mitochondries des autres tissus qui transforment l'énergie tirée des nutriments en ATP, celles du TAB chez lesquelles le couplage ne se produit pas, libèrent cette énergie sous forme de chaleur. Ceci explique pourquoi les cellules du TAB ont une capacité calorifique jusqu'à 80 fois supérieure à celle des autres cellules. Ce type de thermogenèse assure le maintien de la température corporelle chez les mammifères lorsqu'ils sont exposés au froid. On estime également que ce mécanisme intervient dans la régulation du poids corporel étant donné qu'il engendre la consommation des joules supplémentaires apportés par l'alimentation.

John Bianchi



Dan Getz

Le Dr Jean Himms-Hagen

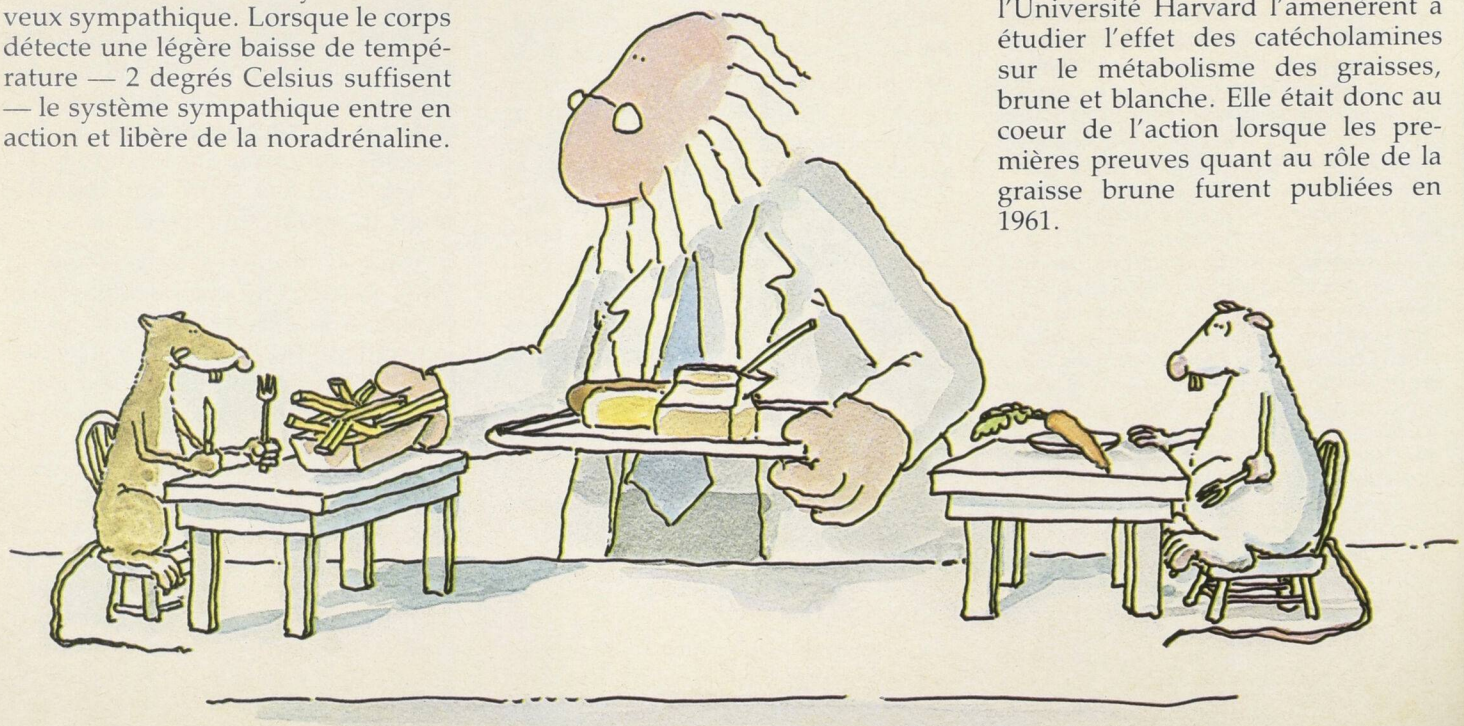
lorsqu'on l'expose au froid, on constate qu'il parvient quand même à produire de la chaleur. Le secret: la graisse brune, source de cette calorification "non frissonnante".

Les propriétés calorifiques et la couleur de la graisse brune ont une même origine: une concentration élevée de grosses mitochondries — les "turbines" de la cellule — elles-mêmes truffées de cytochromes. Très vascularisée, la graisse brune est "branchée" sur le système nerveux sympathique. Lorsque le corps détecte une légère baisse de température — 2 degrés Celsius suffisent — le système sympathique entre en action et libère de la noradrénaline.

Ce neurotransmetteur active à son tour les mitochondries. Normalement, celles-ci fabriquent des molécules d'adénosine triphosphate (ATP), la monnaie d'échange énergétique des cellules. Mais dans la graisse brune, les mitochondries sont réglées différemment: les réactions chimiques qui convertissent normalement l'énergie des nutriments en ATP sont court-circuitées. Les mitochondries ne transforment donc plus les molécules alimentaires — particulièrement les acides gras — en énergie chimique sous forme d'ATP, mais en chaleur; beaucoup de chaleur: jusqu'à 80 fois plus que dans les autres cellules.

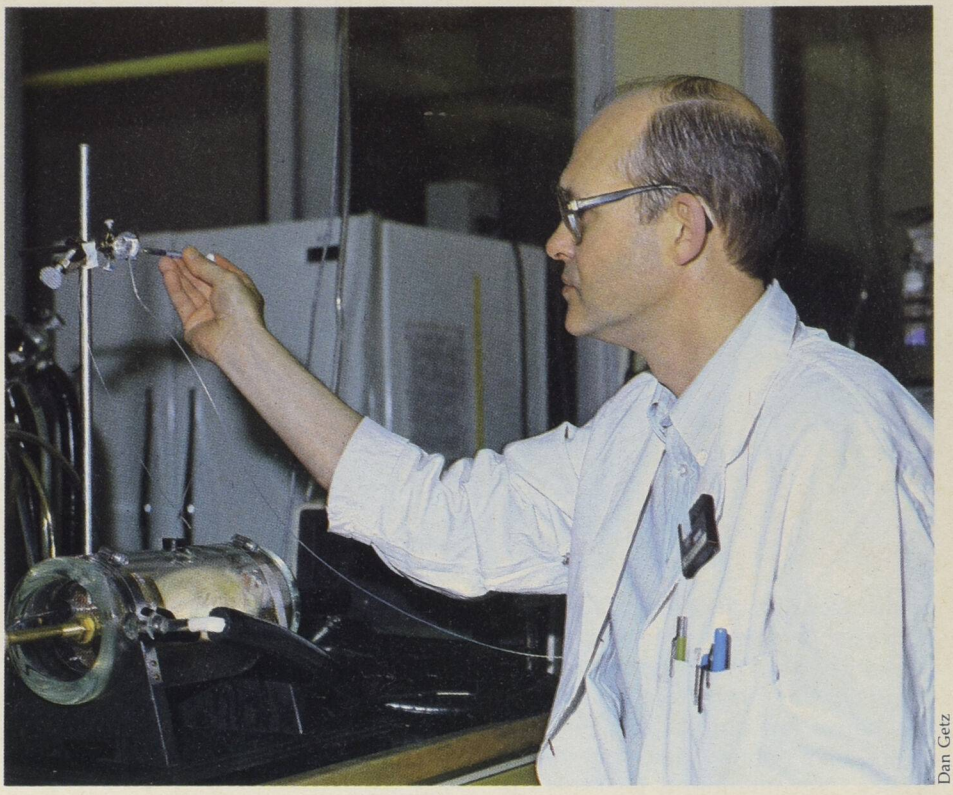
La graisse brune est activée non seulement par les brusques changements de température, mais aussi par les modifications climatiques à long terme. Chez les rats soumis au froid, ce tissu peut doubler de masse et le nombre de mitochondries se multiplier par douze. Les rats ou les hamsters commencent par frissonner sous une température de 6°C; mais après quelques semaines de ce régime, ils arrêtent de trembler et se réchauffent uniquement par calorification non frissonnante. Ils deviennent également plus sensibles à la noradrénaline.

Jean Himms-Hagen, ancienne directrice du département de biochimie de l'Université d'Ottawa, est l'un des premiers chercheurs à avoir exploré cette interaction entre graisse brune, noradrénaline et acclimatation au froid. Elle a commencé sa carrière en 1958 à l'Université d'Oxford; son sujet de doctorat: l'effet des catécholamines (une famille d'hormones dont l'adrénaline et la noradrénaline font partie) sur le métabolisme. Le rôle de la graisse brune était alors inconnu. Des études post-doctorales à l'Université Harvard l'amenèrent à étudier l'effet des catécholamines sur le métabolisme des graisses, brune et blanche. Elle était donc au coeur de l'action lorsque les premières preuves quant au rôle de la graisse brune furent publiées en 1961.



Au début de ses travaux concernant l'influence de la noradrénaline sur l'activité de la graisse brune, on comprenait encore mal l'importance de ce tissu. Seuls quelques chercheurs entrevoyaient l'importance de son rôle dans la thermorégulation chez les mammifères. En fait, pendant les années 60 et 70, la plupart des recherches portèrent non pas sur la graisse brune, mais sur ses nombreuses mitochondries. Mais vers la fin des années 70, le Dr David Foster, physiologiste au CNRC, effectua des expériences cruciales qui démontrèrent clairement le potentiel de la graisse brune comme important thermorégulateur chez les mammifères. Et lorsque le Dr Himms-Hagen commença à professer l'idée que la graisse brune et *l'obésité* étaient reliées, ce sont les travaux de David Foster qui apportèrent une base quantitative à sa théorie.

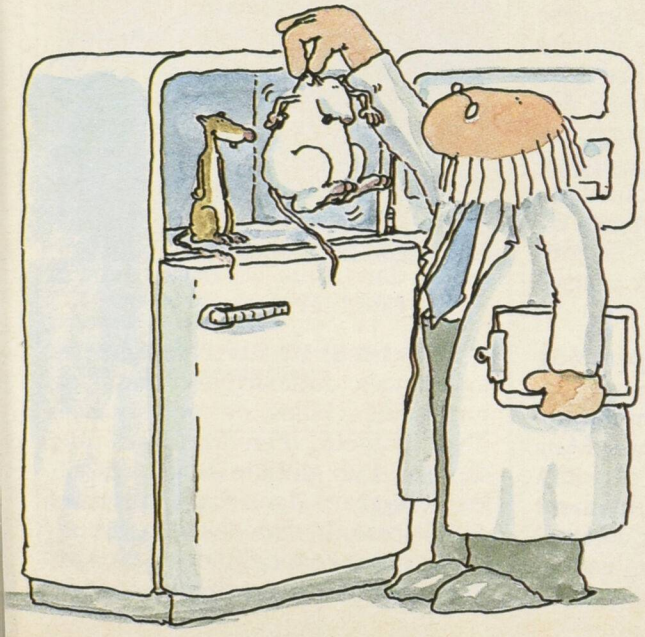
C'est à la suite d'une série d'observations en apparence étrangères l'une à l'autre que le Dr Himms-Hagen acquit l'impression qu'il existait un lien possible entre la graisse brune et l'obésité. Certaines lignées de souris manifestent une tendance héréditaire à l'obésité. Dans les années 50, plusieurs chercheurs avaient observé que ces souris génétiquement obèses réagissaient mal au froid. En fait, elles succombaient après quelques heures d'exposition à des températures de 4°C. Le Dr Himms-Hagen parvint à démontrer que ces souris ne pouvaient activer leur graisse brune en présence du froid.

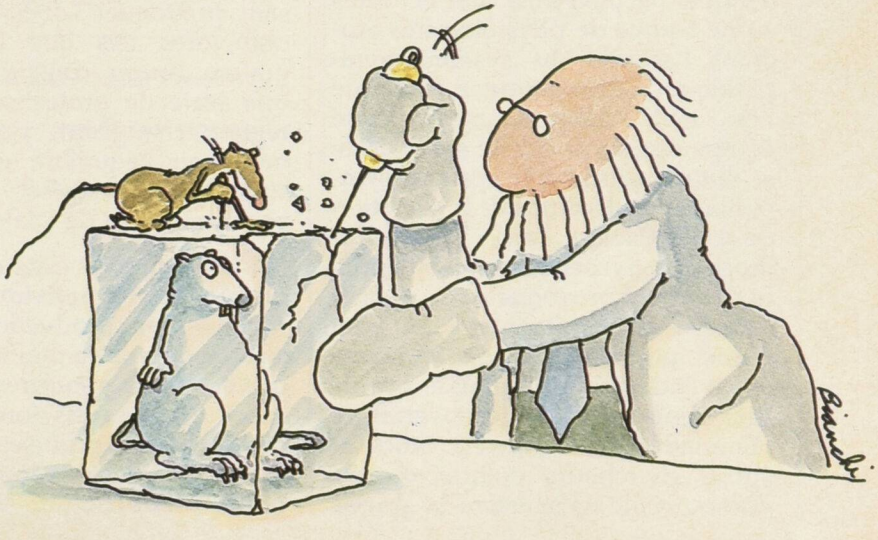


Dan Getz

Le Dr David Foster

Comme d'autres chercheurs aux États-Unis et en Europe, elle savait que les rats normaux, acclimatés au froid, consomment deux fois plus de nourriture que leurs congénères vivant dans une atmosphère de 28°C; pourtant, ils ne grossissent pas. La réponse, c'est que la graisse brune est activée par le froid et brûle beaucoup d'énergie. Les rats génétiquement obèses possèdent eux aussi une couche de graisse brune qui augmente de volume lorsqu'on les expose au froid, ou lorsqu'on les soumet au "régime cafétéria" — un assortiment de nourritures qui les porte à se gaver. Mais le Dr Himms-Hagen parvint à





Dan Getz

Rat atteint d'obésité congénitale (grossissant quelle que soit son alimentation) à côté d'un rat de taille normale.

démontrer que chez les rats obèses, la graisse brune ne réagit pas à la décharge de noradrénaline provoquée par le froid. D'autres checheurs ont obtenu des résultats semblables chez des personnes obèses. Normalement, les êtres humains réagissent à une infusion de noradrénaline par une augmentation de 10 à 20 p. cent de leur activité métabolique. Chez les obèses, on a enregistré des réactions nettement plus faibles.

Cette découverte coïncidait parfaitement avec d'autres observations. À l'Université de Londres, Nancy Rothwell et Michael Stock démontrèrent que si des rats normaux soumis au régime cafétéria engraissaient bel et bien, l'augmentation de leur poids n'était pas en rapport avec la teneur calorifique de la nourriture absorbée. Cette contradiction apparente prit tout son sens lorsqu'on la considéra à la lumière d'autres découvertes, celles-ci dues à une équipe de physiologistes étudiant l'activité du système sympathique. Contrairement à ce que l'on avait toujours pensé, cette équipe découvrit que le seul fait de se nourrir stimulait le système sympathique et déclenchait la sécrétion de noradrénaline. Les Pr Rothwell et Stock découvrirent alors que l'appétit démesuré provoqué par le régime cafétéria s'accompagnait bel et bien d'une augmentation de la masse et de l'activité de la graisse brune. Prises ensemble, les découvertes de Himms-Hagen, Rothwell, Stock et autres chercheurs pointaient vers une nouvelle conclusion: la graisse brune jouait un rôle *à la fois* dans l'acclimatation au froid *et* dans l'obésité.

On ne s'est pas encore penché sur la portée évolutive du phénomène, mais l'avantage adaptatif de cette "thermogénèse induite par la nourriture" pourrait bien être le suivant: sans grossir, un animal pourrait se permettre de manger de grandes quantités de nourriture afin d'obtenir les vitamines, protéines et éléments à l'état de traces dont il a besoin. Ainsi, un organisme qui se nourrit essentiellement de tubercules riches en féculents peut devoir en consommer d'énormes quantités simplement pour obtenir suffisamment de protéines. Grâce à la graisse brune et à la thermogénèse induite par la nourriture, cela peut se faire sans provoquer l'obésité. Pour des omnivores tels que l'homme, la graisse brune constitue peut-être une sorte de protection contre un régime changeant, permettant de maintenir l'équilibre entre la consommation et les réserves de graisse par dissipation de chaleur.

L'idée que l'obésité est peut-être causée chez les individus par un défaut dans leur production thermique a cours depuis au moins 8 ans. Mais que des adultes souffrent d'obésité à cause du mauvais fonctionnement de leur graisse brune est un concept nouveau. On avait toujours estimé que la production de chaleur par la graisse brune ne pouvait être importante chez les animaux de plus de 10 kg. Chez l'homme, la graisse brune semblait disparaître quelques jours après la naissance. Les Pr Rothwell et Stock avaient cependant démontré qu'une injection de noradrénaline déclenche une augmentation de la température de la peau aux endroits précis où l'on trouve de la graisse brune chez les bébés. Cette découverte rejoint les conclusions d'études anatomiques japonaises, où l'on avait constaté que des cellules de graisse brune étaient dispersées dans les tissus adipeux blancs.

Malgré tout, le débat continuait de faire rage quant à l'importance de la graisse brune. D'autres organes jouaient aussi un rôle dans la thermogénèse non frissonnante. Certains chercheurs affirmaient que la graisse brune ne pouvait contribuer que 10 p. cent de la chaleur produite en l'absence de frisson. Mais, signale le Dr Himms-Hagen, cette opinion allait être contredite de façon inattendue par les travaux du Dr David Foster. À l'origine, ceux-ci n'avaient pas pour but de démontrer l'importance de la graisse brune; en fait, le Dr Foster voulait plutôt découvrir quels étaient les muscles constituant chez le rat une source importante de chaleur. Ce faisant, il mit au point une technique très précise permettant de mesurer l'apport sanguin aux tissus. Son raisonnement: puisque l'activité métabolique exige l'apport d'oxygène (pour "brûler" les molécules alimentaires) et que celui-ci est charrié par le sang, tout tissu où l'on pouvait détecter une augmentation sanguine était un bon candidat à la production de chaleur. À l'origine, la technique consistait à suivre à la trace le cheminement de substances radioactives injectées dans la sang; mais comment être certain que ces marqueurs pénétreraient dans tous les tissus avec la même rapidité?

Le Dr Foster décida d'enfermer les substances radioactives dans de minuscules billes de polystyrène, d'un diamètre d'environ le double de celui d'un globule rouge. Les billes se logeant dans les minuscules capillaires qui alimentent les tissus, plus un tissu était alimenté, plus on y détecterait une grande quantité de

billes... et de radioactivité. Lorsqu'il utilisa cette nouvelle technique avec des rats, le Dr Foster pu démontrer que la capacité caloproductrice de la graisse brune avait été grossièrement sous-estimée.

Le Dr Foster a donc montré de façon convaincante que la graisse brune jouait un rôle beaucoup plus important que l'on pensait, et pouvait être responsable de la thermogénèse non frissonnante chez le rat dans une proportion de 60 à 65 p. cent.

Cette révélation est à la base des travaux actuels du Dr Himms-Hagen, qui visent à mettre au point des modèles généraux de l'effet de la graisse brune sur l'obésité.

Les recherches sur la noradrénaline suggèrent que l'obésité pourrait être traitée par des manipulations hormonales. En fait, l'un des anciens étudiants au doctorat du Dr Himms-Hagen travaille présentement pour une importante compagnie pharmaceutique en quête de produits pouvant combattre métaboliquement l'obésité. Les applications médicales de la biochimie des graisses brunes pourraient donc servir bientôt au traitement de l'obésité. Ce fait porte en lui un message important.

Brock Fenton

Chauve-souris en état d'hibernation recouverte de cristaux de glace. Le TAB de cet animal produit de la chaleur qui permet de réchauffer les organes vitaux.

La découverte du Dr Foster est à ranger parmi ces hasards heureux de la science, et montre comment une percée fortuite dans une discipline peut parfois souder en une théorie cohérente les résultats d'une autre discipline. Quant à la série d'observations du Dr Himms-Hagen reliant la graisse brune à l'obésité, elles sont une illustration classique de la façon dont progresse la biologie. Ernest Mayr, zoologiste et historien des sciences de l'Université Harvard, disait que "la biologie ne progresse pas tant par des découvertes isolées, peu importe leur importance, ni par la formulation de nouvelles théories, mais plutôt par la maturation lente mais décisive de nouveaux concepts". Le coup de fouet donné par les travaux de Foster, la généralité des derniers articles de Himms-Hagen, ne peuvent être appréciés isolément mais dans la perspective d'une série de percées en physiologie et en biochimie.

La recherche fondamentale en biologie peut parfois sembler obscure, un exercice futile et coûteux pour le contribuable qui la finance; elle peut même paraître sans grand rapport avec d'autres questions dans le même domaine. C'est là une conséquence inévitable de la complexité — à peine sondée — de la vie elle-même. L'histoire de la graisse brune nous l'a montré: la recherche pure, aux applications et aux promesses encore inconnues, est la clef du progrès en biologie.

Le Dr Adrian Forsyth est un journaliste indépendant qui habite à Elgin, en Ontario.

Adaptation française: Daniel Pérusse

M. Pérusse est un journaliste indépendant de Montréal.

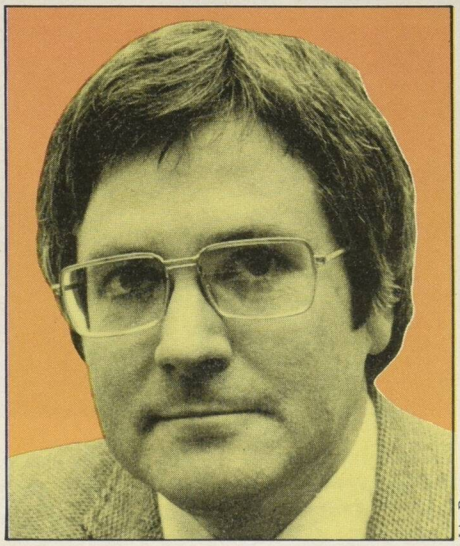
A deux pas de l'enfer

La recherche dans les aciéries

par Liz Pope

Il suffit d'un regard pour comprendre que le Dr Keith Brimacombe n'est pas un de ces savants excentriques échappés d'un laboratoire poussiéreux: pas de blouse blanche effilochée, pas de lunettes maculées de produits chimiques. En fait, le Dr Brimacombe est parfaitement présentable. Il a même de la conversation. À bien le regarder, il ressemble davantage à un p.-d.g. qu'à un créateur de processus chimiques inédits. En vérité, le Dr Brimacombe est un ingénieur de recherche qui se double d'un homme d'affaires.

À l'Université de la Colombie-Britannique à Vancouver, il donne des cours, rédige des articles scientifiques, concocte de nouvelles expériences — des expériences qui touchent au fonctionnement des aciéries et autres industries du même acabit. Se concentrant sur les petites étapes des longs et complexes processus sidérurgiques, il cherche à les améliorer. Ses objectifs sont les mêmes que ceux de tout ingénieur métallurgiste qui se penche sur la conception et le fonctionnement des aciéries: augmenter la qualité du produit, diminuer les coûts de production. Dixit Brimacombe: "Toutes les recherches que j'entreprends finissent par avoir des retombées économiques."



Liz Pope

Le Dr Keith Brimacombe.

Transformer le savoir scientifique en profits exige le rapprochement continu de l'Université et de l'Industrie — les deux pôles de la vie du Dr Brimacombe. S'envolant un jour vers Edmonton, il enseigne à des directeurs d'aciérie les techniques découlant de ses recherches qui amélioreront leur production; le lendemain, retour à l'université pour donner un cours à des élèves de deuxième année de génie et pour guider ses étudiants diplômés dans les multiples avenues qui caractérisent ses intérêts de chercheur. À la fin de la semaine, on le retrouve à

Billettes d'acier incandescentes sortant des lingotières.

Liz Pope

Salt Lake City, dans l'Utah, branchant toutes sortes d'instruments de mesure sur un convertisseur de cuivre, histoire d'amasser des données sur un autre passionnant processus sidérurgique.

Mais donner des réponses aux interrogations des industriels requiert beaucoup plus qu'un simple talent de chercheur. Le Dr Brimacombe a découvert que l'orchestration d'un projet de recherche — financement, recrutement du personnel, choix du moment opportun — est une entreprise souvent aussi importante que la recherche elle-même. Il passe donc le plus clair de son temps à réunir les ingrédients essentiels à ses travaux: une idée, des étudiants, le concours de l'industrie, de l'argent. "Lorsque je pars dans ce genre d'expédition, dit-il en blaguant, je ne sais plus au juste si je suis un vendeur de voitures d'occasion ou un professeur d'université." Mettre en branle un projet de recherche exige en effet des qualités de vendeur: "On ne peut vraiment pas se présenter dans les bureaux d'une compagnie comme un de ces savants fous et bafouillant sorti tout droit d'un vieux film américain."

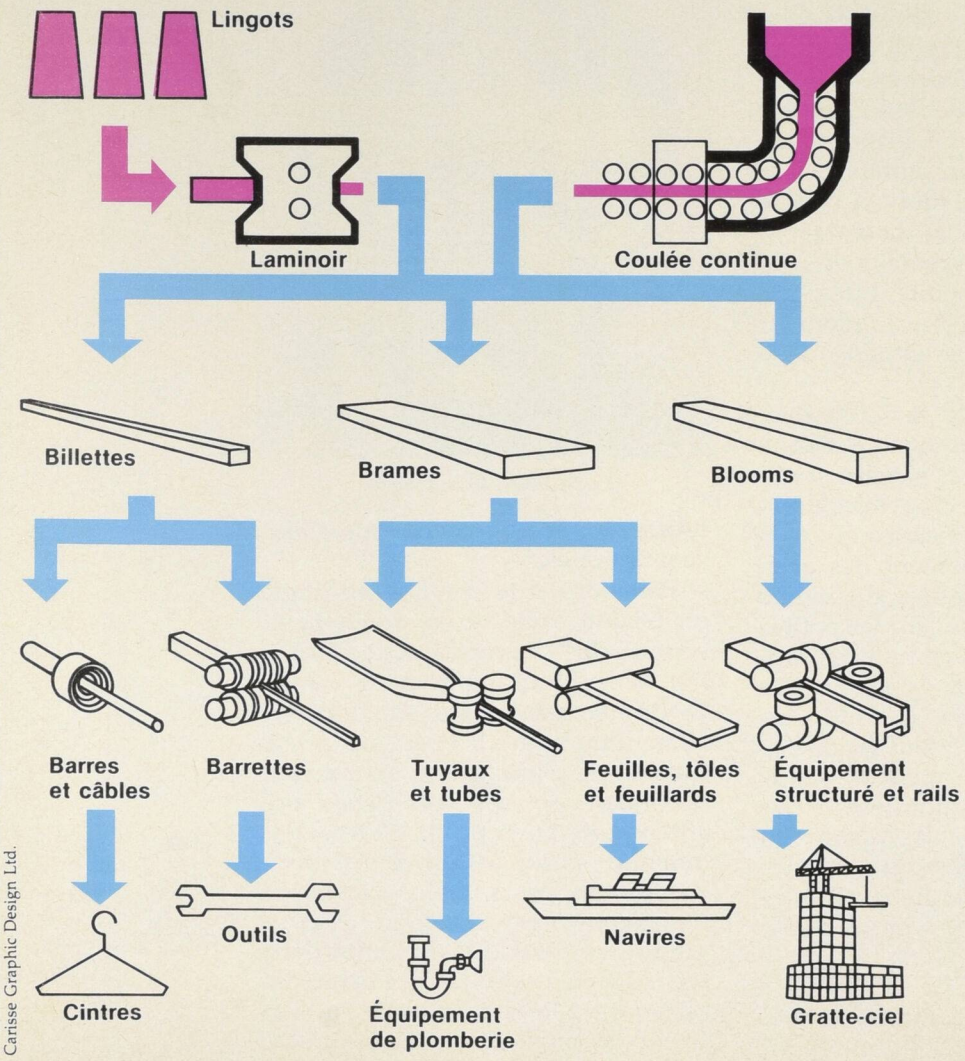
Tout au long de sa carrière, le Dr Brimacombe a réussi à décrocher le support financier de compagnies sidérurgiques d'un bout à l'autre du continent, de l'Institut américain du fer et de l'acier et du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada. Une subvention gouvernementale est souvent indispensable pour démarrer un projet de recherche. Lorsque l'industrie en reconnaît à son tour le bien-fondé, elle ouvre aussi le robinet des dollars.

Les résultats de ses recherches ont fait le tour du monde. Les aciéries de nombreux pays produisent désormais un meilleur acier grâce à ses travaux. Il y a 10 ans, il s'attaquait à la fissuration de l'acier, un problème chronique affectant le moulage par coulée continue. Ces défauts peuvent persister lorsque les formes semi-finies, coulées selon cette technique, sont transformées en produits finis pour devenir des fils, des coques de navires ou des carrosseries d'automobiles. Après cinq ans de recherche, il en savait assez pour conseiller les entreprises sur la façon d'éviter ces problèmes. On l'invita en Chine, en Norvège, en Yougoslavie, au Brésil, au Venezuela, aux États-Unis pour parler de ses découvertes.

Pour le Dr Brimacombe, le succès mondial de ses travaux est attribuable à un système personnel de recherche mis au point alors qu'il effectuait des études sur les billettes d'acier (il s'agit d'une forme d'acier semi-fini). Il l'utilise maintenant pour résoudre tous les problèmes sidérurgiques auxquels il s'attaque.

Avant tout, ne jamais travailler seul: "Personne ne possède assez de connaissances, de compétence et d'expérience pour affronter ces problèmes compliqués, dit-il. Lorsqu'on se met à plusieurs, le résultat final est bien plus que la somme des parties."

Dans le Département de génie des métaux de l'Université de la Colombie-Britannique règne une ambiance de collaboration peu commune. Le Dr Brimacombe y fait souvent équipe avec d'autres professeurs. Paul Watkinson, par exemple, apporte ses connaissances en génie chimique; à l'expérience pratique de Brimacombe en matière de processus et de conception industriels, Indira Samarasekera, Fred Weinberg et Bruce Hawbolt ajoutent la compétence en génie des métaux. La combinaison exacte de ces talents dépend de la mission à accomplir. Pour faire fonctionner une telle équipe dans le milieu parfois tendu



Les aciéristes fabriquent l'acier au moyen d'immenses fours où sont fondus et affinés divers matériaux bruts. L'acier en fusion est ensuite coulé pour former des lingots (à gauche), qui sont laminés pour produire des billettes, des brames ou des blooms, ou des produits semi-finis dans le cas de la coulée continue (à droite). Les billettes, les brames et les blooms obtenus grâce à ces procédés sont mis en forme pour fabriquer toute une gamme de produits, dont ceux qui sont montrés ici.

de la recherche universitaire, Brimacombe admet qu'il faut "se pardonner mutuellement ses petits travers, un peu comme dans un couple".

Le Dr Brimacombe semble d'ailleurs se complaire dans les environnements de nature à mettre à rude épreuve la tolérance d'un chercheur. Fuyant le calme des laboratoires universitaires — "ces dortoirs de l'esprit" — il préfère mettre la main à la pâte. Sa prédilection: installer des instruments de recherche sophistiqués dans l'environnement éprouvant des aciéries.

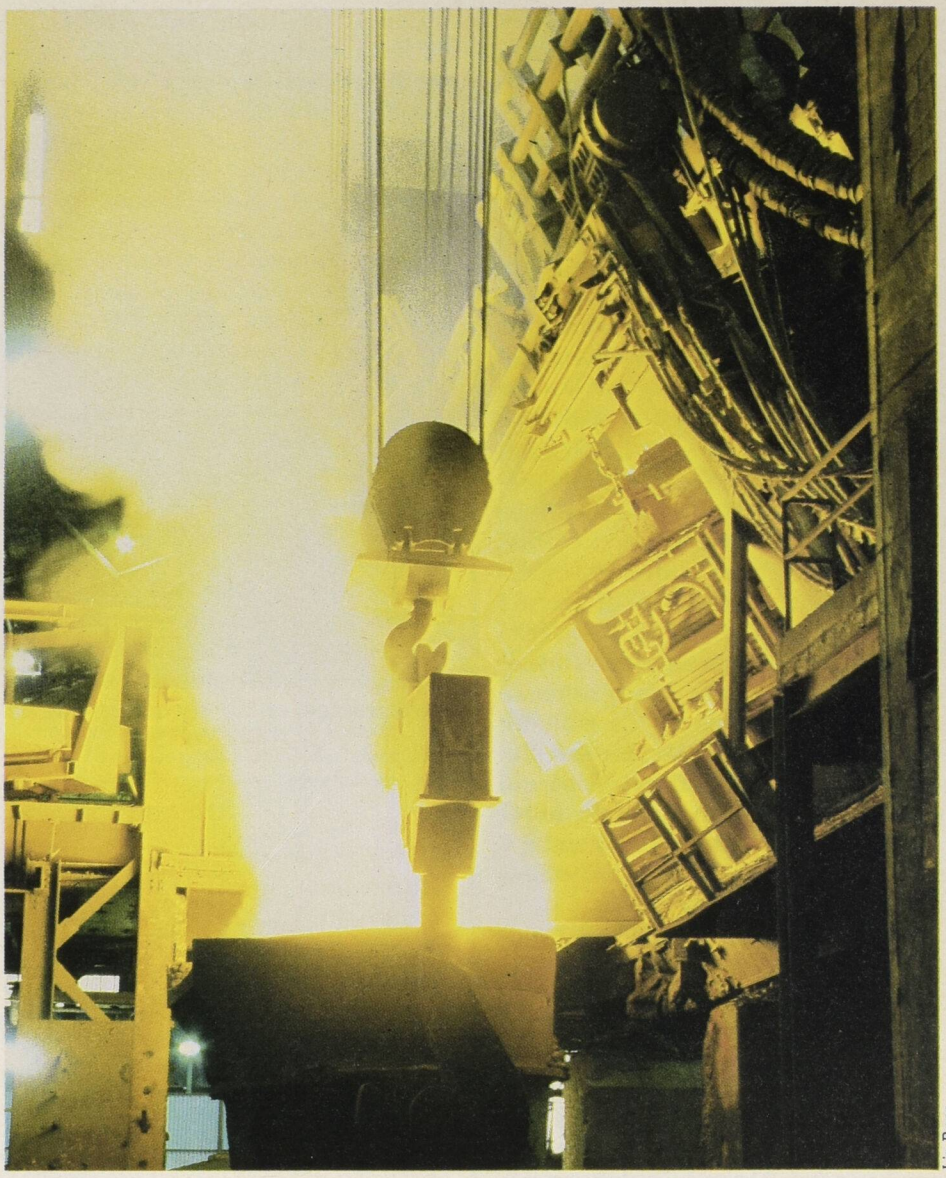
Cinq minutes passées en compagnie de Brimacombe dans son milieu naturel de recherche ont de quoi faire fuir les moins braves vers le sanctuaire du laboratoire. "Une aciérie, dit-il, est à deux pas de l'enfer." C'est chaud, noir, sale, bruyant. Il y disparaît parfois sous un masque à gaz et une combinaison en amiante, examinant le métal qui scintille à 1 200 degrés Celsius. Toutes les recherches doivent se plier à l'horaire de production. "Parfois, dit Brimacombe, les directeurs d'usines ne veulent même pas de moi dans leurs jambes!"

Mais ce qui attire le chercheur dans cet environnement pénible, c'est justement son refus apparent d'être domestiqué. Une partie du suspense entourant ces recherches réside dans le fait qu'on ne peut mesurer toutes les variables affectant la production d'acier. Pour y arriver, il faudrait fermer les usines et les restructurer, une entreprise économiquement impensable. À défaut, on doit ruser, faire preuve d'esprit d'analyse et d'intuition pour déchiffrer les liens entre toutes ces variables. Pour le Dr Brimacombe, voilà qui est proprement fascinant.

La poussière, la chaleur, le bruit, " tout cela n'est rien lorsque vous observez des lots de billettes sortant du moule et que, soudain, vous voyez les choses sous un angle nouveau. C'est absolument palpitant."

Pour suppléer à toutes ces mesures de températures, de vitesses de réaction, etc. qu'ils sont incapables de recueillir en usine, Brimacombe et ses collègues ramassent les données qu'ils peuvent et les injectent dans un "modèle mathématique" sur ordinateur. Ce modèle est construit selon des équations et décrit en termes mathématiques le comportement des multiples variables qui, en conjonction, déterminent le processus sidérurgique. Les températures sont ainsi enregistrées grâce à des thermocouples fixés à l'intérieur du moule; on entre ces mesures dans l'équation qui les convertit alors en vitesse de transfert de chaleur. De ces renseignements glanés en usine, on obtient finalement une indication de l'efficacité des moules.

Mais le modèle permet surtout à Brimacombe de déterminer les effets des variations de température imposées aux moules et la vitesse à laquelle l'acier passe au travers sans rien toucher de la machinerie. Sur papier, dans l'ordinateur, il obtient le résultat approximatif des modifications qu'il effectue.



Liz Pope

Le moulage en coulée continue commence par le chargement de 80 tonnes d'acier chauffé à 1 600°C sortant du four (à droite) dans une poche de coulée géante (en bas).

Brimacombe utilise des modèles mathématiques dans presque toutes ses recherches. Leur mise au point accapare souvent une part importante de ses travaux. Un assistant de recherche peut ainsi passer trois années complètes à cerner un processus sidérurgique à l'aide d'une de ces constructions mathématiques.

Mais malgré la rigueur de leur langage, les modèles ne représentent qu'une vue simplifiée de la réalité. Pour ne pas perdre le contrôle des mathématiques, un chercheur doit truffer ses modèles de suppositions. Celles-ci doivent être vérifiées avec des données réelles prises en usine. Une fois complété, un modèle est

donc mis à l'essai en comparant ses prédictions avec de véritables mesures. Les modélistes peuvent ainsi ajuster leurs mathématiques, jusqu'à ce que les modèles décrivent avec précision les processus.

C'est cette combinaison de simulations et de travail sur le terrain qui constitue la clef du succès de Keith Brimacombe. "Grâce aux modèles, dit-il, nous pouvons transformer les données que nous recueillons en renseignements utiles pour la conception et l'exploitation des usines."

C'est alors le retour à l'aciérie, avec cette fois des indications précises sur la façon d'améliorer les choses. Le Dr Brimacombe raffine ses résultats et les traduit en modifications concrètes que les directeurs pourront appliquer dans leurs usines. Lors de séances de formation, il leur explique ce qui se passe chez eux, et pourquoi. "La majeure partie de mes cours découle directement de mes recherches. Voilà qui est particulièrement agréable: je retourne les fruits de ma recherche à l'usine, là où j'ai recueilli les données qui l'ont rendue possible."

Les cours du Dr Brimacombe traitent de la plus importante variable qui touche la production d'acier: les gens. "Lorsque le personnel sait que son insouciance ou ses efforts ont un impact direct sur la qualité de l'acier qui sort du moule, c'est beaucoup plus difficile d'être négligent. Bien comprendre et bien exécuter son travail devient presque une obligation morale. Les cours produisent alors un effet incroyable. D'un coup, ils améliorent toute l'exploitation."

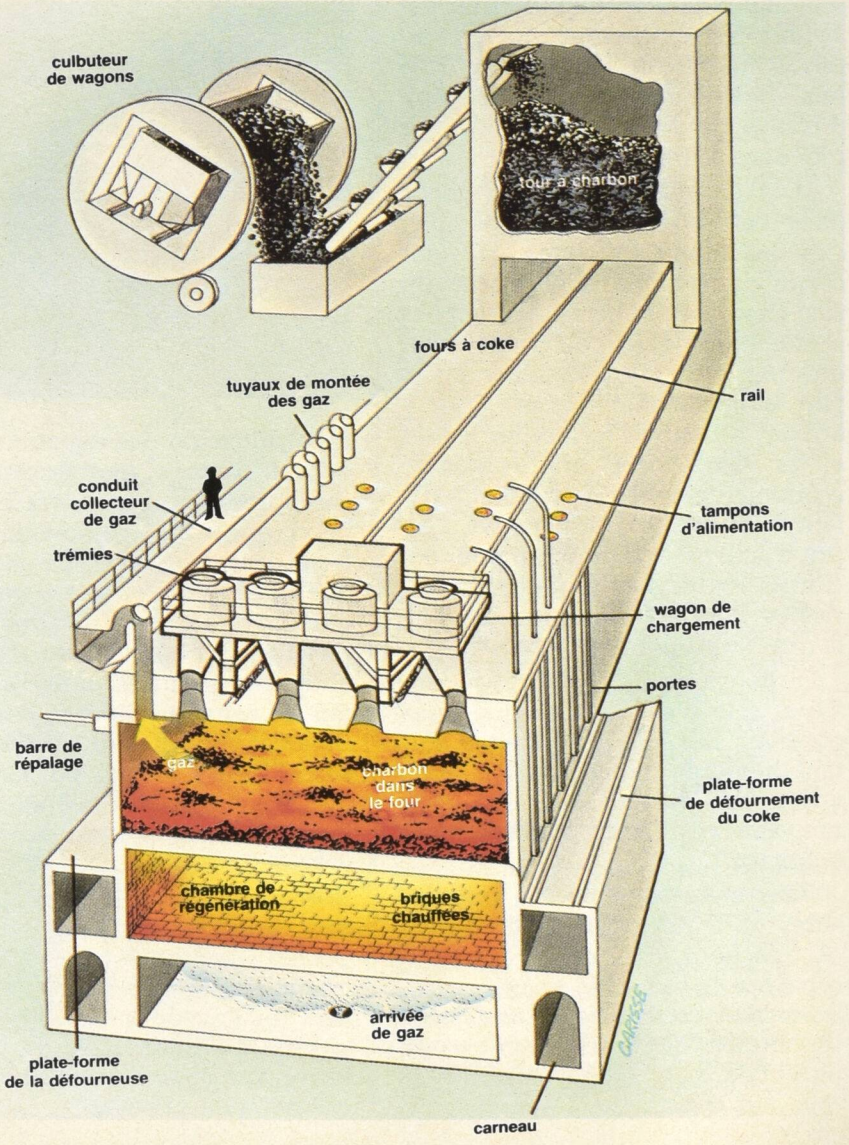
Généralement, la boucle n'est bouclée qu'au bout de cinq ans, lorsque les données de base servent finalement à mieux régler les processus industriels. Comme dans d'autres domaines scientifiques, les réponses aux problèmes soulèvent alors de nouvelles questions, plus nombreuses. Certaines idées de recherche proviennent de confrères travaillant dans l'industrie, d'autres de lectures scientifiques. Mais "les meilleures idées sont toujours les vôtres", dit Brimacombe. Son dernier intérêt: l'ingénierie de la microstructure de l'acier, et la surveillance en milieu industriel de certaines propriétés des métaux telles que la résistance et la ductilité.

Outre la production d'acier, le Dr Brimacombe consacre près de la moitié de son temps à des choses comme le traitement de la chaux, du coke et du cuivre. Souvent, il applique sa technique originale de mesure en usine à des machines qui ont déjà subi l'examen minutieux de la science. Parfois, il s'attaque à des problèmes vieux de plusieurs dizaines d'années, qui n'intéressent personne d'autre. Les convertisseurs de cuivre, par exemple, ont été virtuellement ignorés jusqu'à ce qu'il s'en occupe. Inchangés depuis le début du siècle, ils trônent toujours dans les fonderies de cuivre du monde entier, extrayant le soufre et le fer auxquels est souvent lié ce métal à l'état de minerai. À 1 200 degrés Celsius, on injecte dans de grandes cuves de "matte" en fusion une dose d'oxygène pour brûler les éléments indésirables et ne recueillir que le cuivre. "Nous avons réussi à dissiper beaucoup de la magie noire qui entourait ces vieilles cuves", dit un Brimacombe jubilant. Il se contente pour le moment d'étudier le fonctionnement des convertisseurs actuels, mais prévoit que ses travaux conduiront à la conception de cuves plus efficaces et plus économiques.

Mais il existe des environnements industriels si hostiles, si inaccessibles, que même le Dr Brima-

---

Les énormes fours à coke utilisés dans les aciéries pour convertir le charbon en coke en vue de l'élaboration de l'acier constituent, lorsqu'ils sont allumés, des milieux hostiles et inaccessibles, d'où l'impossibilité de procéder à des études in situ pour améliorer leur conception. Toutefois, en se servant de modèles à échelle réduite des fours et de techniques de modélisation mathématique, Keith Brimacombe espère être en mesure de suggérer des modifications en vue d'accroître le rendement de ces systèmes.



Carisse Graphic Design Ltd.

Liz Pope

La chaleur intense, la vapeur et le bruit constituent l'ambiance de travail des chercheurs qui, comme Brimacombe, opèrent au sein d'une aciérie.

combe ne peut y appliquer ses méthodes. Les hauts fourneaux servant à chauffer le charbon des aciéries pour le transformer en coke — un matériau de base entrant dans la fabrication de l'acier — en sont des exemples. Un fourneau à coke est généralement constitué d'une batterie de tuyaux et de chambres à cokéfaction (voir le croquis p. 24). À l'intérieur des tuyaux, un mélange gazeux brûle avec de l'oxygène, atteignant des températures supérieures à 1 000 degrés Celsius. Des chambres contenant le charbon entourent ces tuyaux de cinq mètres de hauteur. Pendant les 17 heures où il absorbe la chaleur des tuyaux, le charbon se mue lentement en coke.

Jusqu'à maintenant, cet équipement a fait fuir tous les scientifiques et empêché toute amélioration dans sa conception. Pas étonnant que partout au monde, les tuyaux des hauts fourneaux soient frappés des mêmes maux, provoqués par une température inégale engendrée par la combustion le long des tuyaux. Résultat: un coke de qualité inégale. Améliorés, les fourneaux nécessiteraient probablement moins de temps et d'énergie pour la cokéfaction d'un meilleur produit.

Stelco, un producteur d'acier possédant des fonderies en Ontario, a demandé au Dr Brimacombe de s'attaquer au problème. Incapable de mesurer le rendement réel des tuyaux, il a construit son propre appareil de façon à pouvoir étudier le système de cokéfaction. Avec le soutien financier de Stelco et du CRSNG, il a fabriqué un modèle en plexiglas, réduit du quart mais fidèle dans ses moindres détails à certains tuyaux de Stelco.

Pour recueillir ses données sur le comportement de la maquette, le Dr Brimacombe soumet "ce vieux processus au virage technologique": Joanne Richards, ingénieur de recherche, utilise un laser relié à un mini-ordinateur pour mesurer la vitesse de diffusion et de mélange des gaz dans la maquette. Ces données sont alors traduites en taux de caloproduction par la flamme.

Lorsque toutes ces données auront été recueillies, on les injectera dans les modèles mathématiques simulant la combustion et le transport de chaleur dans les tuyaux. Brimacombe espère ainsi trouver comment améliorer la distribution régulière de la température, et comment des modifications du mélange gazeux et de la flamme pourront rendre l'équipement actuel plus efficace. "Ces connaissances, dit-il, donneraient à l'industrie canadienne de l'acier une avance technologique énorme, et la propulseraient parmi les leaders mondiaux dans ce domaine."

Dans son laboratoire de l'Université de la Colombie-Britannique se dissimule une autre de ses inventions: un four rotatif à échelle réduite. Ce genre de fournaise tournante est communément employée pour calciner la pierre à chaux avant de l'utiliser dans la fabrication de l'acier. Comme pour les convertisseurs de cuivre et les fourneaux à coke, tout le monde avait toujours utilisé les fours à chaux mais personne ne savait exactement comment ils fonctionnaient, jusqu'à ce que le Dr Brimacombe et son collègue Paul Watkinson prennent les choses en main. "La construction de ces fours reposait sur l'expérimentation plutôt que sur de bons principes d'ingénierie. Inévitablement, ils finissaient par présenter des défauts."

Le modèle "réduit" des deux chercheurs est plus petit que les vrais fours, mais mesure tout de même ses 5,5 mètres de longueur. Hérissé de thermocouples, il ressemble à une espèce d'oursin géant allongé. Les thermocouples enregistrent la température des parois du four, de la pierre à chaux et des gaz qui se trouvent à l'intérieur. Des petites ouvertures permettent de recueillir des échantillons de pierre partiellement calcinée.

Après la construction de leur four il y a près de 10 ans, Brimacombe et Watkinson se documentèrent sur son utilisation. Ils apprirent comment la chaleur se propageait du combustible à la pierre, comment le chargement et la vitesse de rotation du four influençaient la calcination. Ils purent ainsi proposer des améliorations à la conception des fours.

Les chercheurs explorent présentement les combustibles de remplacement. Au Canada, les fours rotatifs fonctionnent normalement au gaz naturel, un combustible de moins en moins avantageux vu l'augmentation de son prix. Plusieurs compagnies envisagent de se convertir à des combustibles moins chers, au charbon notamment. Mais les chercheurs ont vite compris qu'une telle entreprise était pleine d'incertitudes. Comment la vitesse de combustion allait-elle affecter le chauffage de la pierre? Le soufre et la

cendre contenus dans le charbon contamineraient-ils la chaux?

Les savants convertirent alors leur four au charbon et observèrent les résultats. Ils découvrirent qu'une flamme de gaz naturel, quoique très différente d'une flamme de charbon, ne calcinait pas la pierre plus efficacement. Il n'y avait pas non plus de contamination si la température du four ne dépassait pas un certain degré. Mais puisque les propriétés du charbon varient selon leur provenance, Brimacombe veut maintenant répéter ses recherches avec du charbon venant d'autres gisements canadiens.

En plus de poursuivre des idées destinées à résoudre des problèmes éminemment pratiques, le Dr Brimacombe est assiégé par ce qu'il appelle ses "idées folles". Des éclairs de pensée, qui peuvent ou non s'avérer utiles. L'industrie se montre généralement hésitante à financer ce genre d'intuitions. Conscient que les idées originales sont de celles qui gardent la science en bonne santé, le CRSNG subventionne les travaux "fous" du Dr Brimacombe.

C'est cette combinaison d'idées originales et d'idées utilitaires qui plaît au chercheur: "Je pourrais quitter l'université aujourd'hui pour un poste beaucoup plus rémunérateur dans l'industrie, dit-il. Mais je n'aurais plus la liberté de travailler avec diverses compagnies et d'explorer mes idées folles." En fait, le Dr Brimacombe s'amuse tellement qu'il n'aspire à rien d'autre qu'à poursuivre son enseignement et sa recherche. "Fascinant" et "excitant" sont des mots qui reviennent régulièrement dans sa bouche lorsqu'il parle de son travail.

Mais il est le premier à admettre que la plupart des gens ne partagent pas son enthousiasme. "Mes sujets de travaux ne correspondent pas à l'image que les gens se font de la grande recherche — la lutte contre le cancer, le SIDA, l'exploration spatiale. Mais il s'agit d'une industrie qui met du beurre sur le pain d'une foule de gens travaillant dans un domaine où la concurrence est vive". Il est persuadé que si les Canadiens ne veulent pas rester des "coupeurs de bois" et des "porteurs d'eau", ils doivent se lancer davantage dans la production secondaire pour faire de leur pays une importante nation industrielle. Voilà ce qui donne toute son importance à ses travaux. Si, par exemple, ses recherches actuelles avec Indira Samarasekera sur l'amélioration des moules à billettes s'avèrent fécondes, l'industrie canadienne pourrait s'emparer du marché mondial de la fabrication des moules. C'est là, en effet, une perspective qui n'est pas à négliger.

Liz Pope est une journaliste à la pige de Vancouver

Adaptation française: Daniel Pérusse
Légendes: Line Bastrash

Pour mettre un arbre dans votre moteur

La dégradation du bois en alcool

par Madeleine Vaillancourt

Saccharifier la biomasse consiste à convertir des matières cellulosiques comme le bois, la tourbe et les sous-produits agricoles en sucres que l'on transforme en alcool éthylique ou éthanol par fermentation. Cet alcool, semblable à celui que l'on trouve dans le vin, par exemple, pourrait remplacer avantageusement le pétrole comme carburant ou combustible liquide si on savait le produire en abondance sans un apport d'énergie trop important. La betterave sucrière, la canne à sucre se prêtent admirablement à la fabrication d'éthanol mais on ne peut les cultiver en quantité suffisante pour satisfaire à la demande mondiale. La biomasse forestière (voir encadré) est beaucoup plus intéressante à cet égard, mais passablement plus difficile à traiter.

À l'Université de Sherbrooke, un ingénieur chimique, le Dr Christian Roy, travaille depuis deux ans à la mise au point d'un procédé de saccharification du bois par pyrolyse sous vide et hydrolyse acide. "La pyrolyse est une technique très ancienne, voire millénaire, explique Christian Roy. C'est une décomposition chimique provoquée par la chaleur en l'absence d'oxygène.

Dessin par John Bianchi

"Quand on fait brûler du bois à l'air libre, donc en présence d'oxygène, sa combustion dégage chaleur et lumière et le réduit en cendres. Quand on le chauffe en milieu clos, sans oxygène, il se carbonise, c'est-à-dire qu'il se transforme en charbon de bois. On ne fabrique pas autrement les briquettes de nos "barbecues". Ce procédé de carbonisation est la technique la plus ancienne de thermoconversion. En termes scientifiques, c'est ce qu'on appelle la pyrolyse conventionnelle sous pression atmosphérique en milieu inerte.

"J'arrive du Nicaragua, poursuit Christian Roy. La carbonisation se pratique là-bas comme au temps de nos ancêtres. On fait un trou dans la terre, on y entasse des bouts de bois pour former une meule, on amorce une combustion avec des braises, et on recouvre le tout d'une couche de terre en laissant une cheminée pour l'échappement des gaz. On obtient ainsi un charbon de bois qui brûle bien, sans fumée, léger, plus facile à transporter et à entreposer. On peut répéter l'opération en laboratoire pour étudier les réactions de la pyrolyse conventionnelle."

Pour comprendre ce qui arrive au bois durant la pyrolyse, il est important d'avoir une idée des substances qui le composent. Il y en trois principales, la cellulose, l'hémicellulose et la lignine, plus, en moindre quantité, des substances extractives de type résine et des matières inorganiques. Ces composantes existent en proportions variables dans les différentes espèces mais leur assemblage demeure sensiblement le même. La cellulose est un haut polymère de glucose dont les molécules s'enchaînent pour former une structure fibreuse qui donne au bois sa dureté; kilo pour kilo, le bois est plus résistant que l'acier. L'hémicellulose est un autre polymère d'hydrates de carbone dont la chaîne est moins longue, et les deux sont étroitement liées par la lignine, molécule complexe, contenant des anneaux aromatiques qui font office de colle. La difficulté pour les ingénieurs comme Christian Roy est de dissocier ces éléments intimement soudés les uns aux autres pour en extraire les composantes qui l'intéressent sans les détruire complètement, ce qui arrive quand on les brûle. La pyrolyse, comme l'explique Christian Roy, est un moyen d'y parvenir.

L'or vert rival de l'or noir

L'ensemble de la couverture végétale du globe forme un tout appelé biomasse, dans laquelle on inclut également les bouses, les fumiers et les autres déjections d'origine animale. Par contre, les matières organiques fossiles comme le charbon et le pétrole en sont exclues. Dans la course aux énergies de remplacement, cette biomasse tient une place très particulière. Certains y voient un gisement énergétique d'une valeur inestimable, un gisement renouvelable qui pourrait servir à chauffer nos chaudières et à faire tourner nos moteurs jusqu'à la fin des temps. Ils en parlent déjà comme de l'"or vert" rival de l'or noir du pétrole, mais en anticipant.

On sait déjà tirer les alcools éthanol et méthanol de la biomasse mais selon des méthodes peu efficaces ou trop coûteuses pour songer à une production à très grande échelle. Dans les laboratoires du monde entier, des chercheurs s'appliquent à trouver une technique capable de transformer cette énergie verte en une source abondante et économique de combustible liquide ou gazeux, ou de carburant capable de rivaliser avec le pétrole. Au Canada, aux États-Unis et dans de nombreux pays, les gouvernements et la grande entreprise investissent des millions de dollars dans la recherche pour la mise en valeur énergétique de la biomasse.

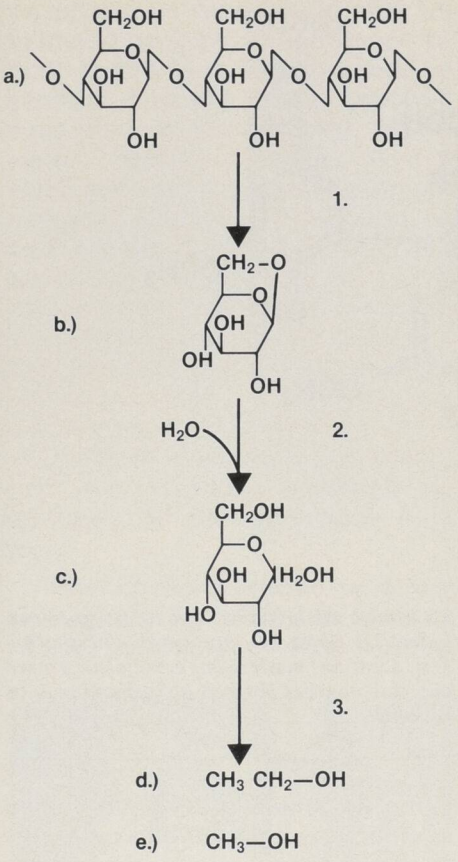
L'enjeu est de taille. On évalue le volume global de la biomasse sur la planète à 172 milliards de tonnes de matière sèche. Cette quantité est vingt fois plus élevée que celle de l'énergie fossile consommée annuellement dans le monde entier. Par le biais de la photosynthèse, les plantes répandues sur la surface terrestre transforment l'énergie solaire en énergie chimique, en sucres notamment. Les forêts représentent 68 p. 100 de cette masse végétale. Elles constituent une ressource renouvelable très exploitée certes, mais le bois d'oeuvre et le bois de feu qu'elles fournissent, de même que les autres produits de l'arbre, n'en épuisent pas le potentiel. Au Canada, à la demande du laboratoire ENFOR (de conversion énergétique des ressources forestières) du ministère fédéral de l'Énergie, des Mines et des Ressources, le cabinet de consultants Intergroup a évalué annuellement à 112 millions de tonnes de matière sèche la masse des résidus de l'exploitation forestière (branches, écorces, bois mort ou sans valeur commerciale laissé sur place) et des déchets de l'industrie du bois (sciure et copeaux) disponibles pour la transformation en éthanol ou en méthanol. Il prévoit qu'elle sera de 113 millions de tonnes en 1990. Intergroup n'a pas inclus dans ses calculs les ressources disponibles en bois debout ni envisagé, à cette occasion, les perspectives d'avenir de la sylviculture énergétique. Leurs chiffres donnent toutefois une idée du volume de matière ligneuse (à base de lignine et de cellulose, les deux principales composantes du bois) exploitable à des fins énergétiques autres que traditionnelles dans notre pays.

C'est dans cette optique que le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) et d'autres organismes fédéraux subventionnent, dans plusieurs universités canadiennes, divers programmes de recherches en thermoconversion de la biomasse. Notamment à l'Université de Sherbrooke (Québec) où un ingénieur chimique de la faculté des sciences appliquées, le Dr Christian Roy, travaille depuis deux ans à la mise au point d'un procédé original de saccharification de la biomasse forestière par pyrolyse sous vide et hydrolyse acide.

Le Dr Roy fait partie des 300 jeunes et brillants chercheurs canadiens qui font de la recherche dans les universités du pays grâce aux subventions que leur accorde le CRSNG dans le cadre de son programme de chercheurs-boursiers.

"Supposons que vous ayez un tube chauffé électriquement. C'est l'enceinte réactionnelle remplie d'un gaz inerte, l'azote. Vous y introduisez des morceaux de bois qui vont commencer à se décomposer à une température aussi basse que 150° C. La chaleur va déclencher tout un jeu de réactions. Elle produit des vibrations thermiques qui brisent les molécules du bois, lesquelles se décomposent en eau, en gaz incondensables, hydrogène, gaz carbonique, oxyde de carbone, et en macromolécules gazeuses de matières organiques complexes qui forment le goudron. Ces molécules entraînées par un gaz inerte, l'azote, séjournent plusieurs minutes dans le réacteur de sorte qu'elles ont le temps de subir toutes sortes de réactions secondaires: cracking, oxydation, réduction, recombinaisons en phase gazeuse. On obtient ainsi un résidu appelé charbon de bois qui contient beaucoup de carbone, un peu d'hydrogène, et de l'oxygène. Il représente environ 35 p. 100, en poids organique, des substances résultant de la thermoconversion. Le reste se compose de 20 à 30 p. 100 d'un goudron épais, de 20 à 25 p. 100 de gaz incondensables et des eaux pyrolytiques où une partie du goudron se trouve en solution. Je cite ces chiffres à titre d'exemple, signale le Dr Roy. Les proportions varient grandement avec les conditions d'opération et le type de biomasse.

"Quand on répète l'opération sous vide et qu'on soutire rapidement du réacteur les substances obtenues, on a une surprise, poursuit-il. En effectuant la pyrolyse dans un milieu inerte qui est le vide plutôt qu'en présence d'un gaz inerte comme l'azote, on change considérablement les réactions chimiques qui se produisent. Le temps de résidence des molécules dans le réacteur ne dépasse pas une ou deux secondes. Elles n'ont pas le temps de subir les réactions secondaires inévitables en pyrolyse conventionnelle. La pression étant plus faible (10–400 mmHg), les réactions en phase gazeuse ont moins de chance de survenir. Plus la pression est élevée, plus le nombre des collisions moléculaires augmente. Il est en fait proportionnel au carré de la pression. La phase liquide augmente aux dépens des phases solide et gazeuse

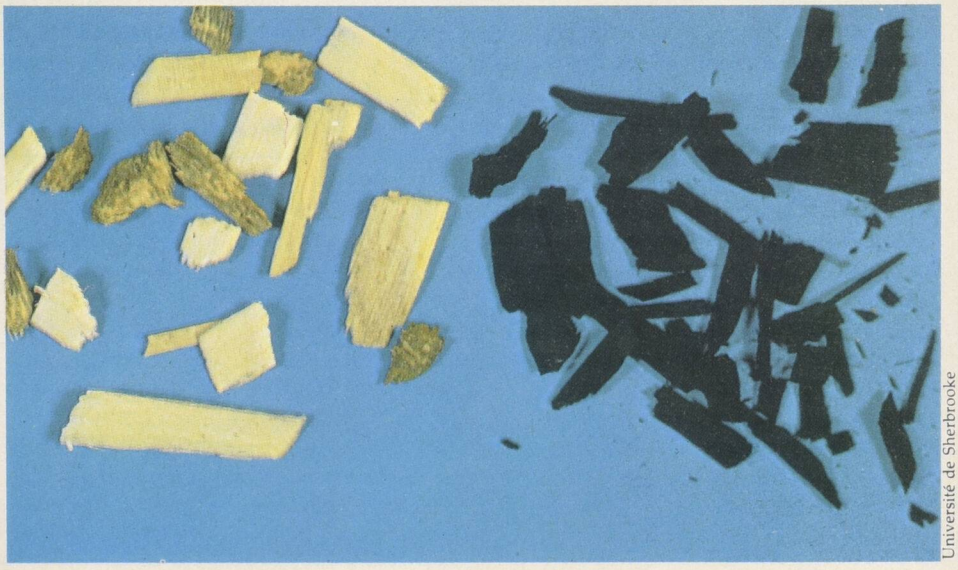


La cellulose a) représente jusqu'à la moitié de la matière sèche du bois. C'est un haut polymère de glucose dont les molécules (structures en anneaux) forment une chaîne qui peut atteindre, en longueur, plusieurs centaines d'unités de sucre. Dans le procédé utilisé par Christian Roy, la cellulose est d'abord pyrolysée, c'est-à-dire transformée 1) en unités d'une substance complexe appelée lévoglusanne. b) Quand on ajoute de l'eau à cette molécule (chimiquement parlant, quand on l'hydrolyse), 2) elle se convertit en glucose. c) C'est l'étape de la saccharification. Finalement, on utilise des microorganismes, notamment des levures, pour la fermentation du glucose 3) qui donne un alcool, soit de l'éthanol ou d) du méthanol. e) Christian Roy est un ingénieur chimique. Il espère, à partir de ces conversions successives 1, 2 et 3, développer un procédé de production d'éthanol à l'échelle industrielle.

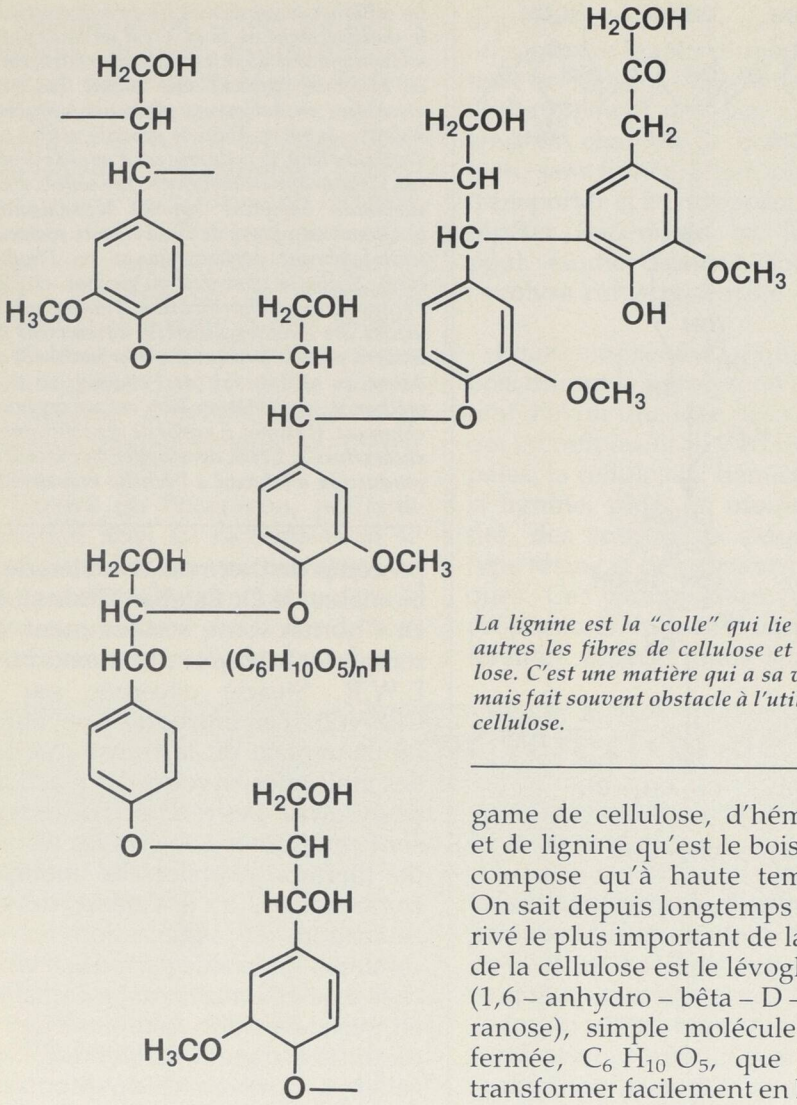
et produit une huile pyrolytique qui représente, en poids mesuré sur une base organique, de 50 à 60 p. 100 des résultats. C'est ce qui nous a donné l'idée, à l'Université de Sherbrooke, qu'il y avait peut-être moyen d'extraire de ce pyroligneux, par hydrolyse acide, des sucres fermentescibles pour fabriquer de l'éthanol.

"Je ne suis pas le premier à y avoir pensé, raconte Christian Roy. Lorsque j'ai commencé mon doctorat à l'Université de Sherbrooke en 1976 sous la direction d'un spécialiste des procédés de thermoconversion de la biomasse, le Dr Esteban Chornet (le Dr Chornet vient, incidemment, de remporter la bourse commémorative E.W.R. Steacie décernée par le CRSNG), j'ai entrepris une étude fondamentale de la transformation des molécules au cours des réactions de pyrolyse. Les réactions de ce type sont communes à toutes les formes de thermoconversion de matières combustibles, qu'il s'agisse de gazéification, de liquéfaction ou de combustion. Je suis parti des recherches déjà effectuées en ce domaine, en particulier des résultats les plus récents des travaux du Dr Fred Shafizadeh à l'Université du Montana. Comme ses prédécesseurs, il travaillait dans une optique fondamentale et s'est servi de la pyrolyse sous vide

Les copeaux de bois (à gauche) et leurs résidus solides après pyrolyse sous vide.



Université de Sherbrooke



La lignine est la "colle" qui lie les unes aux autres les fibres de cellulose et d'hémicellulose. C'est une matière qui a sa valeur propre mais fait souvent obstacle à l'utilisation de la cellulose.

pour connaître la nature des substances de départ, le bois et les charbons. Shafizadeh et les autres pensaient que les fragments moléculaires primaires résultant de la pyrolyse étaient parents avec la molécule originale.

"Au lieu d'étudier uniquement la configuration moléculaire des substances de départ, je me suis orienté plutôt vers les applications possibles des résultats de leurs recherches, ce qui m'a amené, il y a deux ans, à la mise en oeuvre de ce programme de saccharification de la biomasse qui nous occupe ici.

"La pyrolyse sous vide vient d'abord. Pour cette opération, nous avons utilisé des copeaux de bois, ce qui est déjà un avantage. Les procédés classiques d'extraction d'huiles du bois n'utilisent généralement que du bois pulvérisé. Cette pulvérisation préalable augmente de 20 p. 100 le prix de revient. Cet amalgame de cellulose, d'hémicellulose et de lignine qu'est le bois ne se décompose qu'à haute température. On sait depuis longtemps que le dérivé le plus important de la pyrolyse de la cellulose est le lévoglucosanne (1,6 – anhydro – bêta – D – glucopyranose), simple molécule à chaîne fermée, $C_6 H_{10} O_5$, que l'on peut transformer facilement en D-glucose par hydrolyse. C'est à partir de ce sucre qu'on obtient des alcools par fermentation."

Au laboratoire de génie chimique de l'Université de Sherbrooke, Christian Roy et son équipe se sont servis pour leurs expériences d'un montage de laboratoire capable de traiter jusqu'à 1 kg d'échantillon à la fois.

Comme prévu, la pyrolyse sous vide a donné des rendements supérieurs en huiles pyrolytiques aux rendements connus de telles substances lignocellulosiques traitées par pyrolyse conventionnelle, et ce à une température optimale relativement basse de 350° C.

La diversité de la composition des jus pyrolytiques obtenus par la décomposition de toute une gamme de matières lignocellulosiques a nécessité, dès le début, la mise au point de techniques analytiques particulièrement poussées. De composition extrêmement complexe, ils se sont révélés difficiles à séparer et à caractériser. "Nous avions besoin de savoir combien nous produisions de lévoglucosanne, signale Christian Roy. Il était essentiel d'isoler et de quantifier les matières hydrolysables."

Il fallut adapter les méthodes existantes et recourir à une combinaison judicieuse des techniques de chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse. Cette série d'opérations a pour objet de séparer les composantes d'un mélange et de déterminer ensuite leur poids moléculaire. Les études ont porté d'abord sur le pyroligneux provenant de substances cellulosiques industrielles.

La décomposition de substances cellulosiques par le procédé de pyrolyse sous vide décrit plus haut a donné 21 p. 100 de charbon, 13 p. 100 de gaz, 20 p. 100 d'eau et 46 p. 100

Comme le montre ce tableau comparatif, la pyrolyse sous vide (les produits de la décomposition thermique étant soutirés rapidement) augmente sensiblement la quantité de matière dont on peut tirer du glucose par hydrolyse.

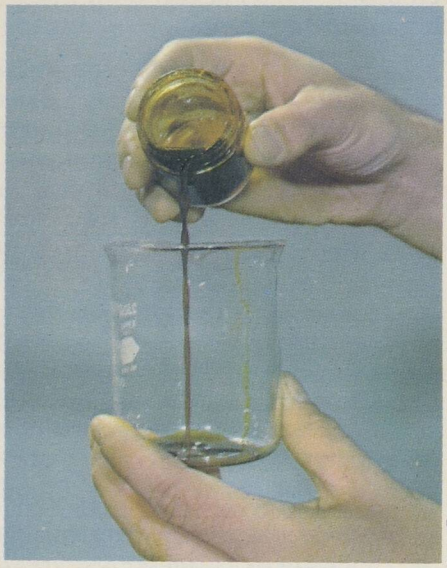
Produits de la pyrolyse de la cellulose à 300 C

	Azote (1 atm)	Vide (1,5 mm Hg)
charbon de bois	34.2%	17.8%
goudron végétal	19.1	55.8
lévoglucosanne	3.6%	28.1%
1,6-anhydro-ß-D-glucofuranose	0.4	5.6
Autres matières hydrolysables en glucose	6.1	20.9
Total des matières hydrolysables en glucose	10.1%	54.6%

Les pourcentages sont déterminés à partir de la teneur originale en cellulose.

d'huiles pyrolytiques. Les huiles contenaient environ 40 p. 100 de lévoglucosanne.

Théoriquement, rien n'empêche la conversion intégrale, à cent pour cent, de la cellulose en lévoglucosanne. En pratique, la présence d'impuretés dans les matières cellulosiques inhibe fortement la conversion complète de cette substance. Sans compter qu'en cas de surchauffe en milieu réactionnel, le lévoglucosanne se décompose ultérieurement sous l'effet de la pyrolyse secondaire en molécules plus simples. Diverses techniques



Dan Getz

Echantillon de pyroligneux obtenu par pyrolyse sous vide du bois mou.

de prétraitement du bois comme le lavage acide favorisent la production de lévoglucosanne. Elles présentent toutefois l'inconvénient d'augmenter le coût de revient de l'opération et n'ont pas été retenues.

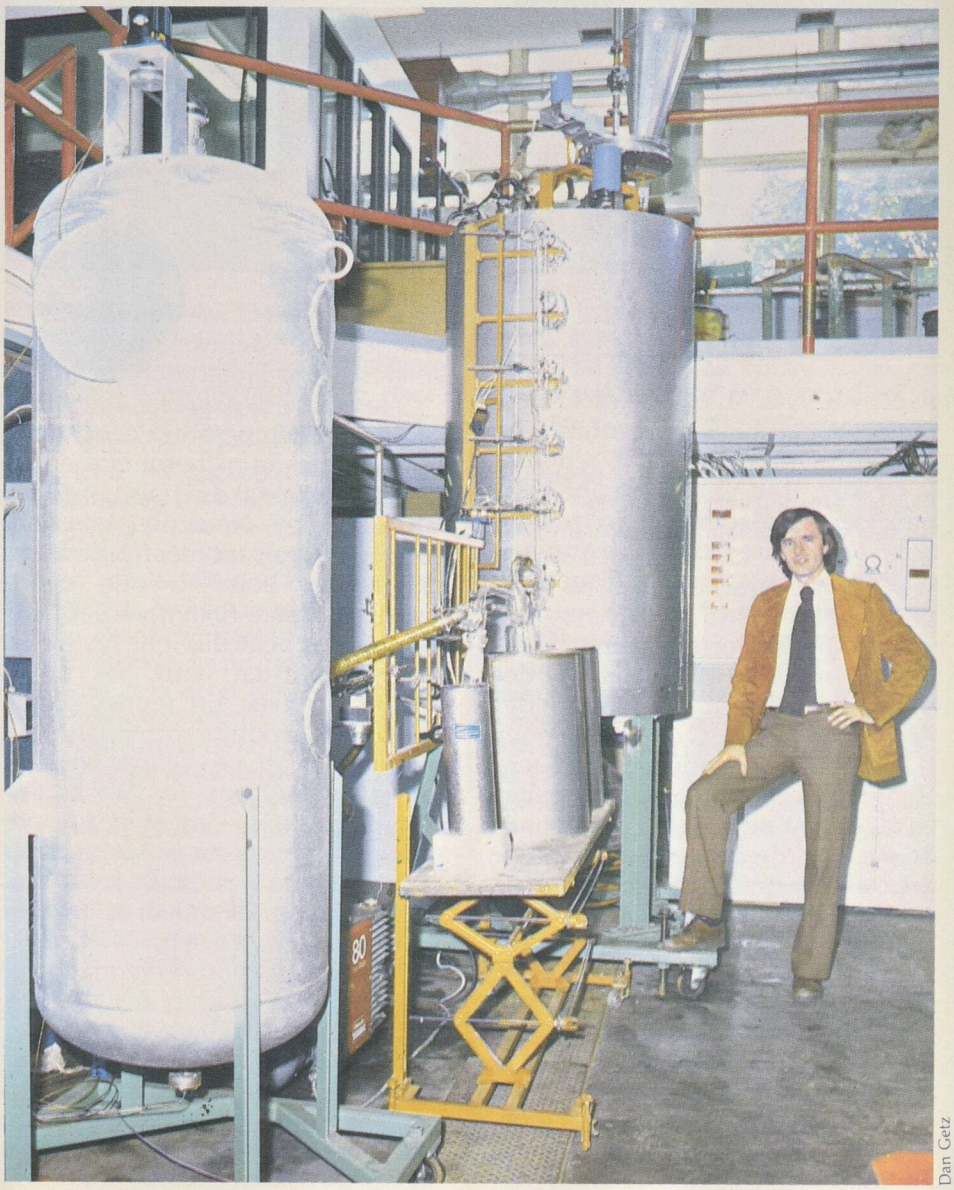
Une fois obtenus les jus pyrolytiques et identifiées leurs composantes, les chercheurs sont passés au deuxième volet de leurs travaux, la saccharification de la biomasse forestière par hydrolyse acide. À ce point-ci, les molécules comme celles du lévoglucosanne sont hydrolysées (ce qui signifie littéralement qu'on leur ajoute de l'eau mais d'une manière chimique) pour produire des sucres simples de type glucose.

Cette approche a pour avantage de tirer parti de la forte teneur en oxygène du pyroligneux. En transformant une partie du pyroligneux en sucres, on conserve en effet les atomes d'oxygène. La biomasse contient de 40 à 44 p. 100 d'oxygène, le produit d'arrivée (après pyrolyse sous vide), de 37 à 43 p. 100. "Shafizadeh, explique Christian Roy, a établi que dans le magma fortement oxygéné d'huiles pyrolytiques, se trouvent des matières hydrolysables qu'on peut transformer en sucres par hydrolyse acide. Il travaillait avec seulement quelques milligrammes de goudron qu'il dissolvait dans de l'eau acidifiée et il obtenait des sucres à partir de ce goudron. Nous avons répété avec succès cette opération avec plusieurs centaines de grammes de lévoglucosanne à la fois.

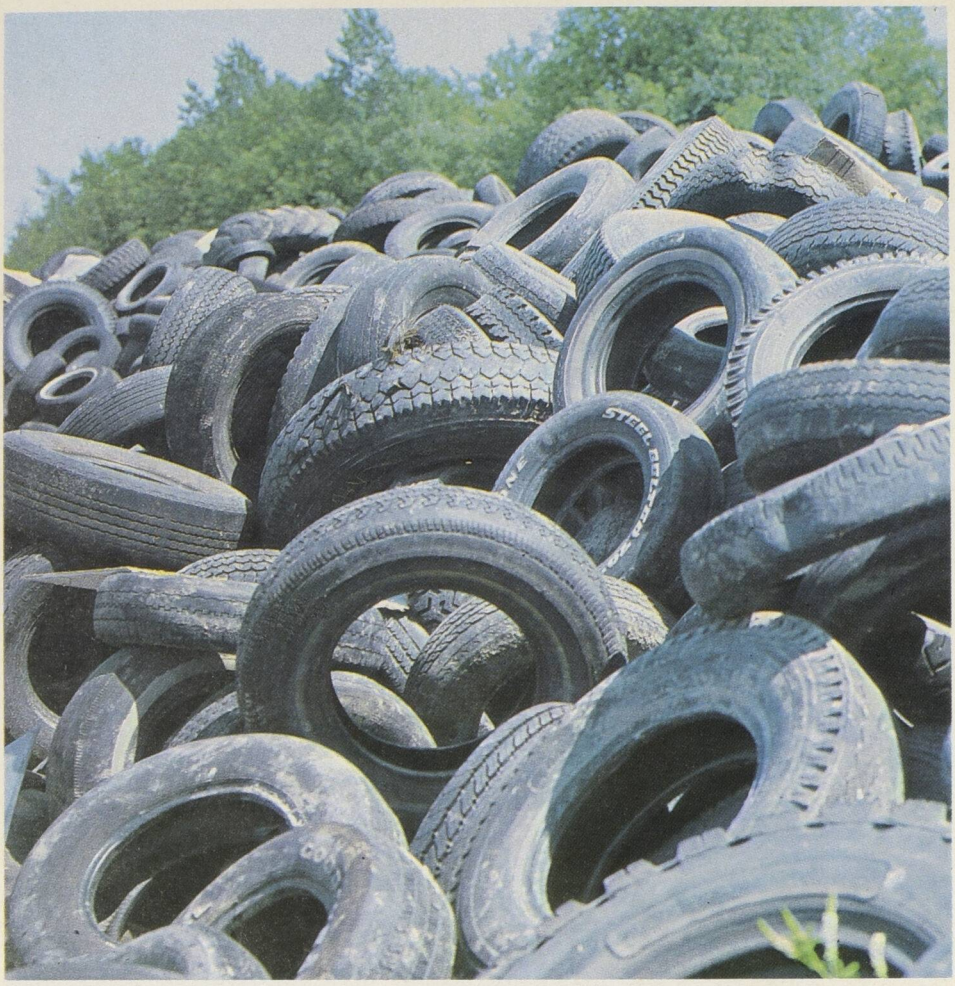
"Pour l'hydrolyse acide, on utilise des agents hydrolytiques comme l'acide sulphurique. Nous avons produit des hydrolysats contenant jusqu'à 20 p. 100 de D-glucose. Nous avons par la suite procédé à la fermentation de ces sucres."

Cette phase des travaux, la fermentation, fut prise en main par une équipe de chercheurs de la Faculté de génie chimique de l'Université Laval sous la direction du Dr Anh Leduy. C'est un des aspects multidisciplinaires de ce programme de recherches financé

Christian Roy et le nouveau réacteur de décomposition thermique adapté de modèles industriels pour la pyrolyse conventionnelle. D'une capacité de 2 kg, il comporte à l'intérieur six soles, chacune chauffée à une température différente. En passant de sole en sole, les copeaux se décomposent graduellement et les vapeurs qu'ils produisent sont soutirées à chaque étape. On obtient ainsi des jus pyrolytiques beaucoup plus différenciés.



Dan Getz



Dan Getz

Tirer du mazout des pneus usés...

par le CRSNG. "L'équipe de Laval a réussi avec succès la fermentation de ces hydrolysats en éthanol, rapporte le Dr Roy. Il reste maintenant à optimaliser les réactions de fermentation. Les rendements obtenus jusqu'à présent laissent croire que cette technique est prometteuse."

L'équipe du Dr Roy est en train de monter un nouveau réacteur de décomposition thermique sous vide. Adapté de modèles industriels pour la pyrolyse conventionnelle, il sera alimenté en continu et pourra traiter en même temps deux kilos par heure de copeaux de bois. C'est un cylindre vertical divisé horizontalement en six soles (ou plateaux), chacune chauffée à une température différente. En passant de sole en sole, les copeaux se décomposent graduellement et les vapeurs qu'ils produisent sont soutirées à chaque étape. On obtient ainsi des jus pyrolytiques beaucoup plus différenciés. Un système complexe de grattoirs achemine la matière pyrolysée vers le bas du réacteur où viennent se déposer les résidus solides. (Voir illustration, page 31).

"Nous savons à quelles zones spécifiques de température correspond la décomposition thermique de diverses fractions du bois, explique Christian Roy. Nous pouvons donc songer à pyrolyser une fraction spécifique du bois en vue de la saccharification. En termes pétrochimiques, on peut dire que les huiles légères sont en haut, les huiles lourdes en bas. En termes chimiques, les produits contenant des séries aromatiques correspondant vraisemblablement à la lignine seront soutirés des plateaux inférieurs du réacteur tandis que les substances de type sucre provenant de la cellulose devraient se trouver vers le haut du réacteur. Non seulement pourrons-nous obtenir, par ce procédé, la séparation des liquides, mais nous serons en mesure de sous-fractionner les produits liquides directement sortis du réacteur. Nous pourrons pratiquement mettre un baril à la sortie, ajoute le Dr Roy. Les substances recueillies se prêteront mieux au raffinage ultérieur, à l'hydrolyse acide notamment. Nous misons sur ce nouveau montage pour concentrer les matières hydrolysables, ce qui devrait faciliter encore plus l'hydrolyse et surtout la fermentation subséquente."

Christian Roy et Anh Leduy songent également à développer des procédés d'hydrolyse enzymatique (plutôt qu'acide) des pyroligneux et de fermentation directe du lévoglucosanne, sans hydrolyse préalable. Le lévoglucosanne est un monosaccharide qui serait, selon ces chercheurs, transformable directement en alcool sous l'action d'un micro-organisme approprié.

La pyrolyse sous vide offre aussi une foule de possibilités dans d'autres domaines. On peut traiter ainsi toutes les matières organiques, en adaptant, dans chaque cas, la configuration du réacteur au substrat. Mentionnons, entre autres, la tourbe, les résidus agricoles et les pneus usés. Ces derniers, en particulier, se transforment par pyrolyse sous vide en huiles de chauffage d'une grande valeur énergétique. Ce serait une façon pratique et non polluante de se débarrasser des amoncellements de ces matières de rebut.

"Il existe un nombre incalculable de substances organiques, qu'il s'agisse de déchets forestiers, agricoles ou autres et de ressources naturelles combustibles qui pourraient se prêter à la fabrication d'éthanol, de carburants liquides et de produits chimiques, nous dit, pour conclure, le Dr Roy. Tôt ou tard on identifiera la combinaison gagnante: substrat de départ et voie de raffinage, pour produire un combustible liquide capable de concurrencer sur le marché les combustibles et les carburants traditionnels. C'est une question de temps."

Ajoutons qu'il a lui-même obtenu avec la pyrolyse sous vide des pneus usés des résultats assez encourageants pour intéresser la grande industrie. On parle déjà de construire une usine-pilote dans la région montréalaise pour la pyrogénation sous vide des pneus usés. Comme tant d'autres avant lui, la recherche a entraîné l'ingénieur chimique Christian Roy sur des voies imprévues.

SUZUKI

CBC

La science et la mort — violer la dignité même

Le 25 avril 1984, ma mère mourait subitement d'une crise cardiaque. Le 2 mai, son corps qui avait été ressuscité vingt minutes après la crise initiale, puis maintenu en vie à l'aide d'un respirateur pendant une journée avant d'être finalement abandonné à la nature, expirait à son tour. Pendant la semaine qui a suivi le premier décès de Setsu Suzuki, mon père, mes soeurs et moi-même, rivés à son chevet, avons vu ce qui restait d'elle, un corps incapable de se sustenter, de réagir aux médicaments, dépourvu de raison d'être, et ne manifestant aucun signe "d'activité mentale supérieure", lutter pour la vie.

C'est de cette horrible façon que nous avons été confrontés aux cruelles conséquences de la science et de la technologie. Il fut un temps où le moment de la mort était non équivoque et simple à déterminer: il était marqué par le dernier soupir ou par le dernier battement du coeur. Les choses ne se passent plus ainsi aujourd'hui.

La science et la médecine modernes sont motivées par un besoin de domination et de contrôle. Chaque victoire remportée contre la nature est un triomphe de l'homme sur les forces de l'univers. Et qui préférerait une vie vouée à la malnutrition, à la maladie ou à la mort prématurée aux alternatives que nous offrent la science et la technologie? Mais jusqu'où peut-on pousser la chose? La mort est-elle l'ultime défi à relever? Si, comme la plupart d'entre nous le pensent, nous sommes différents de toutes les autres créatures, la mort n'est-elle pas la négation flagrante de notre singularité? Puisque nous sommes mortels comme tous les autres animaux et les plantes, n'est-il pas évident qu'en dernière analyse rien ne nous en distingue? C'est là une bien pénible réalité qui hante les êtres humains depuis qu'ils sont doués de conscience. En effet, les premières indications de la capacité d'abstraction humaine nous sont données par les rituels associés aux enterrements, il y a quelque 50 000 ans. La *mort* est la grande égalisatrice; elle ramène les puissants au niveau des simples mortels et nous impose à tous la même fin qu'aux autres formes de vie.

Pour les médecins, le succès d'un traitement est un triomphe sur la nature, une défaite de la mort. Il n'est donc pas surprenant qu'ils soient portés à vouloir maintenir la vie sans tenir compte de sa qualité. Après tout, la mort n'est-elle pas le signal de notre défaite et la confirmation de notre mortalité? Mais, jusqu'où faut-il aller? Vancouver est la ville qui dispose du programme de soins paramédicaux d'urgence le plus complet au Canada. C'est là que les victimes de crises cardiaques ont les meilleures chances de trouver à point nommé une personne capable d'administrer la ressuscitation cardio-pulmonaire. Dans le cas de ma mère, les premiers soins lui ont été administrés 15 minutes après l'arrêt cardiaque et longtemps après que son cerveau ait subi les conséquences de la privation d'oxygène. À qui la faute? Personne n'est à blâmer. Les ambulanciers ont tenté l'impossible pour la ressusciter. Ils n'avaient pas le choix. Aussitôt que son coeur s'est remis à battre, les médecins et le corps infirmier du service des soins intensifs ont dû agir en partant de l'hypothèse qu'elle avait peut-être encore une chance sur mille de s'en remettre. Au moment où le respirateur fut débranché, il n'y avait plus aucun signe d'activité cérébrale supérieure, mais tous les mécanismes évolutifs nécessaires au maintien de l'organisme s'étaient mis en marche et il ne nous restait plus qu'à attendre qu'elle meure d'inanition, d'une infection ou de la détérioration de son organisme.

Nous avons été dépossédés du moment de sa mort. Je ne peux pas nier les avantages de la technologie moderne qui a non seulement permis de sauver des personnes au seuil de la mort, mais de les combler également d'années de vie satisfaisante. Mais, ayant enlevé le contrôle de la mort à la nature, les puissances humaines nous placent devant un pénible dilemme. Aujourd'hui, la mort est définie de plusieurs façons. Aux yeux du peuple indien, les ascètes qui se retiraient de la société étaient souvent considérés comme étant "socialement morts". On pourrait en dire autant des malades mourants qui sont induits dans une torpeur par des doses excessives de médicaments au point d'être incapables de prendre conscience du monde qui les entoure. Mais on a également identifié la mort cérébrale, la mort cardiaque et le terrible néant de Karen Quinlan.

Je me souviens du choc que j'ai éprouvé quand j'ai compris à quel point la question de la mort était devenue complexe à la suite de la première greffe de coeur par le Dr Christian Barnard. Comment pouvons-nous savoir que le donneur est décédé si son coeur continue à battre de lui-même? Mais nous continuons notre lutte contre la nature. À mon avis, la conséquence la plus grotesque de cette lutte a été l'implantation d'un coeur mécanique sur Barney Clark. Dans son cas, il n'y avait aucun espoir "d'amélioration", seule une survie prolongée était anticipée. Les médias ont décrit Clark comme un cobaye courageux et les médecins comme des guerriers héroïques croisant le fer avec la mort. De quoi vous rendre malade. Finalement, nos héros ont annoncé avec fierté, lors d'une conférence de presse, qu'ils envisageaient de recourir à la dialyse pour compenser l'insuffisance rénale et de lui greffer de nouveaux poumons pour remplacer ses organes congestionnés. Au décès de Barney, ce n'était pas le coeur mécanique, ce triomphe de l'ingénierie, qui avait lâché, mais son corps.

La plupart des gens sont révoltés à l'idée de préserver des corps humains à des températures cryogéniques (très basses), en espérant que, dans le futur, lorsque la science aura conquis le vieillissement et la mort, il sera possible de les ressusciter, de les rajeunir et de les rendre immortels. Mais le récent décès de David, "le petit garçon sous bulle", nous donne à penser que les scientifiques ne sont pas immunisés contre la foi en l'inexorable "progrès" de la science. À la naissance, David était affecté d'une combinaison sérieuse de déficiences immunitaires et incapable, de ce fait, de surmonter l'infection la plus bénigne. Sa survie, qui a été une conquête symbolique de la mort, a été assurée à l'aide d'un contenant stérile en matière plastique. On espérait que s'il vivait assez longtemps, les progrès scientifiques permettraient sa "guérison". Cependant, dans leur croisade pour la conquête de la nature, les scientifiques ont omis de se demander s'il était dans l'intérêt de l'enfant de le "protéger" avec tant d'arrogance contre cette puissance. S'ils étaient sincères, ils auraient dû admettre que David leur servait de cobaye, qu'il était un cas aussi curieux qu'une nouvelle mutation chez la mouche du vinaigre. Il constituait une "occasion inespérée", un "trophée", une "ressource". Et, finalement, lorsque l'intervention qui devait lui conférer une immunité à l'aide d'une greffe expérimentale de la moelle épinière s'avéra être un échec, les scientifiques décidèrent de le libérer de sa prison en plastique afin que, mourant, il puisse pour la première fois dans sa vie ressentir la sensation du gazon sous ses

Suite à la page 34

SUZUKI

Suite de la page 33

pieds nus et des lèvres de sa maman sur les siennes. L'autopsie de David a été riche d'enseignements car, comme le précisèrent les médecins, la maladie avait envahi son corps à une vitesse et d'une manière que l'on n'avait jamais encore observées. Ces scientifiques auraient du mal à me convaincre que ces parcelles d'information scientifique n'auraient pas pu être obtenues par une autre voie et que leur acquisition justifie la vie artificielle qu'ils ont imposée à David. Il est bien plus important pour moi de savoir que ma mère a vécu, pendant 74 ans, une vie pleine et satisfaisante que d'apprendre que son existence a été prolongée d'une semaine de vie purement végétative.

Adaptation française: Annie Hlavats

Lettres

Suite de la page 5

couverture; je me demande si vous aimeriez avoir son opinion.

N'est-il pas ironique de constater que l'un des articles du magazine traite des pluies acides et de la pollution atmosphérique? C'est dommage qu'il ne vous soit pas venu à l'idée que la couverture ne convenait guère. J'espère que vous ferez preuve de plus de diligence à l'avenir car des milliers de personnes reçoivent ce magazine et je ne désire pas être associé à ce genre de chose.

Sean McAlister
Division de chimie, CNRC
Ottawa, Ontario

NDLR — Monsieur McAlister exprime une préoccupation que partagent de nombreux autres lecteurs de ***Dimension Science****. La raison pour laquelle nous avons choisi cette photo est tout simplement qu'il s'agit d'une photographie "unique en son genre" qui présente un intérêt historique pour le récit consacré à la recherche canadienne sur le pergélisol. À notre avis, nulle autre photographie n'illustre aussi bien le contenu et le cachet de l'article de Sean McCutcheon sur Roger Brown et Hank Johnston, qui raconte les aventures de deux scientifiques voyageant sur le terrain gelé, souvent dangereux, de la frontière nord du Canada, à l'époque de l'après-guerre, c'est-à-dire avant que l'usage de la motoneige ne soit répandu. La photographie exprime assez bien cette situation; elle était donc, en ce qui nous concerne, idéale — ou presque. Que les deux hommes soient en train de fumer reflète le fait que cette habitude était plus répandue dans le passé (il y a 30 ans) et ne devrait nullement être interprété comme un plaidoyer de la part de* ***Dimension Science****.*

Suite de la page 2

Pierre Dansereau — écologiste de la première heure

ni de génétique moderne, ni d'écologie, ni de taxonomie. C'était la même chose dans les grandes universités américaines comme Harvard, Columbia ou de Californie. L'écologie en Amérique du Nord est née dans le Middle West, à Chicago et dans le Nebraska. Elle occupait l'espace entre les Rocheuses et les Appalaches. Je voulais poursuivre mes études en français et je suis parti pour l'Europe avec ma femme en 1936 pour aller me mettre à l'école du plus grand écologiste pratiquant en France à ce moment-là, le Dr Josias Braun-Blanquet. Il était suisse et dirigeait à Montpellier, dans le sud de la France, la Station internationale de géobotanique méditerranéenne et alpine. C'était un centre très peu subventionné, mais Monsieur Braun-Blanquet qui n'avait pas d'étudiants français ou anglais attirait beaucoup de chercheurs allemands, tchèques, soviétiques et un petit nombre d'Américains. Comme il n'était pas possible de faire un doctorat en écologie, je l'ai fait en taxonomie (la science de la classification systématique) à l'Université de Genève. Mais pendant les trois ans que j'ai passés en Europe, de 36 à 39, j'ai énormément travaillé sur le terrain avec M. Braun-Blanquet et son équipe. C'est ainsi que je me suis spécialisé en écologie et plus spécifiquement en phytosociologie ou, si vous préférez, en sociologie végétale. Je suis rentré au Canada imbu des principes et des méthodes de la station de Montpellier, mais ils me paraissaient insuffisants.

Dimension Science: Voulez-vous expliquer ce qu'est la sociologie végétale et en quoi votre approche se distingue de celle de Montpellier?

Dansereau: La phytosociologie est l'étude des associations de plantes. L'école de Montpellier analyse la composition de diverses associations végétales et met l'accent sur l'absence ou la présence relative de différentes espèces. On arrive à caractériser des ensembles sociologiques comme par exemple l'érablière ou la sapinière. Il y a des érablières où on trouve aussi du caryer, ou encore du bouleau jaune, ou encore des pruches. L'École de Montpellier étudiait ces variantes sans donner d'importance à la masse végétale proprement dite, ni prévoir une méthodologie parallèle qui permettrait de mieux la définir.

On classifiait dans une même unité phytosociologique des groupements où il y avait beaucoup de romarin (c'est un petit arbuste) par exemple, et où, dans un cas, il n'y avait pas d'arbre, et dans l'autre, des pins d'Alep. Si on se place du point de vue de la productivité de ces masses végétales, il est parfaitement clair que là où il y a des arbres, donc une extension verticale aussi bien qu'horizontale de la végétation, il va y avoir une productivité plus élevée. Ce n'est pas la même machine végétale, ce n'est pas le même corps énergétique.

Je me suis intéressé très tôt à la productivité des associations végétales, à la capacité qu'a le végétal de transformer le minéral en matière vivante par reproduction, et j'ai proposé une échelle mobile de classification des éléments de la biomasse.

Dimension Science: C'est pour cette approche structurale que l'Encyclopaedia Britannica parle de vous comme d'un pionnier?

Dansereau: Oui. J'ai beaucoup travaillé à développer ce concept structural au cours des années 40 et 50. À mon retour au Canada, en 1939, le Conseil national de recherches m'a accordé des subventions pour poursuivre mes recherches en ce domaine pendant plusieurs années. Je suis allé au Brésil, à Porto-Rico, un peu partout dans les régions arctiques, les îles de l'Atlantique et du Pacifique. Partout, j'ai appliqué ma double méthodologie inspirée de Montpellier. Je tenais compte de la composition, de l'identité des espèces selon la méthode Braun-Blanquet et j'introduisais mes observations dans un schéma que j'avais inventé, et qui rendait compte de la structure et de la texture de la masse végétale.

Dimension Science: L'université québécoise n'a pas reconnu votre mérite. Est-ce pour cette raison que vous avez consacré 13 années de votre carrière à l'enseignement universitaire aux États-Unis? Vous étiez à l'Université du Michigan à Ann Arbor de 1950 à 1955, à l'Université Columbia en même temps que directeur adjoint du jardin botanique de New York de 1961 à 1968.

Dansereau: Il est certain que l'appui qui m'a fait défaut au Québec ne m'a pas manqué ailleurs, bien au contraire, tout particulièrement aux États-Unis où, à deux reprises, je me suis... je ne dirai pas exilé, les États-Unis ne sont pas un pays étranger pour moi. Ma mère était franco-américaine. J'ai trouvé aux U.S.A. l'occasion de travailler avec des généticiens américains et autres pour essayer de mieux intégrer ce que nous étions en train d'apprendre au sujet de l'hérédité des plantes dans une perspective écologique. Mes concepts d'encadrement structural, l'application de cette double méthodologie dont je vous ai parlé me paraissaient présenter une excellente matrice pour quantifier la sélection naturelle. On parlait de la sélection naturelle comme résultant des pressions du climat, du sol, de la compétition des plantes et des animaux entre eux. Mais où cela se passe-t-il dans une matrice végétale? Et dans quel sol? Dans un même temps, je me préoccupais aussi d'engager le dialogue entre l'écologie et la sociologie et éventuellement la psychologie.

Dimension Science: Quel rapport établissez-vous entre l'écologie et la psychologie?

Dansereau: Il n'y a pas de réponse simple. Quand je suis parti pour New York en 1961, je me suis rendu compte qu'on ne pouvait vivre dans cette ville sans être conscient de la pollution sous toutes ses formes. Cette pollution n'était pas seulement celle de l'air, de l'eau ou des aliments. C'était aussi la criminalité et, d'une manière générale, la perception qu'ont les individus des ressources qu'ils utilisent. C'est l'aspect psychologique de l'écologie humaine. Dans cette optique, on peut voir notamment que les valeurs ethniques, par exemple, représentent des forces écologiques réelles. Ce qu'un groupe donné mange ou refuse de manger par exemple porte à conséquence pour l'environnement.

Dimension Science: En quoi l'écologie humaine se distingue-t-elle de la sociologie?

Dansereau: Je définis l'écosystème comme un milieu plus ou moins fermé où les ressources du site sont transformées par une biomasse de populations de plantes et d'animaux associées dans des processus mutuellement compatibles. Cette matrice fondamentale du milieu est le cadre dans lequel il convient d'examiner le rôle de l'homme dans la transformation cyclique des ressources. Afin d'évaluer l'importance de l'intervention de l'homme sur notre planète, il peut être utile de ramener à un dénominateur commun ses réactions et celles des autres animaux, et même des plantes, ce qui devrait permettre de déterminer la qualité et la force de son action. Il faut dépasser l'opinion, introduite en grande partie par les écologistes eux-mêmes, selon laquelle l'homme détruit l'équilibre de la nature. Si l'on envisage l'homme *dans* la nature et l'homme *en tant qu'élément* de la nature, on voit qu'il ne détruit pas plus la nature que les fourmis ou les castors.

Peut-être le phénomène le plus utile à relever est-il le *partage* des ressources. Si l'on songe à la vie citadine, un inventaire proprement écologique de nos villes servirait à mesurer l'efficacité relative des circuits de nutrition, de transport, de communication et de décision, et pourrait conduire à une planification améliorée et à un meilleur partage. On fait déjà ce genre d'étude mais on le fait sectoriellement, pas écologiquement. J'ai publié ces dernières années un modèle écologique que j'appelle le gâteau de l'environnement. Il constitue un inventaire des besoins de l'homme qu'ils soient psychologiques, sociaux, économiques, politiques, éthiques ou religieux. Il sert à dresser un bilan de l'homme intérieur avec son conditionnement génétique, et à montrer dans quelle mesure il est frustré ou satisfait. Bien avant de tenter une telle analyse globale, j'avais formulé (dans les années 50) *la loi de l'inoptimum: aucun organisme ne trouve à un endroit et à un moment donnés la possibilité de satisfaire optimalement tous ses besoins.*

L'inoptimum est un mot nouveau que vous ne trouverez dans aucun dictionnaire. En écologie humaine, nous cherchons à définir les conditions qui pourraient satisfaire simultanément ou successivement les besoins essentiels de la personne. On peut être bien nourri et mal logé, bien nanti mais frustré dans ses aspirations et ainsi de suite. Déjà chez les plantes et les animaux, on rencontre souvent une incompatibilité complète entre la sexualité et les processus végétatifs. Il y a beaucoup d'animaux qui cessent complètement de se nourrir au moment de la reproduction. Les lions, par exemple, les mâles en particulier, maigrissent terriblement. Il y a des plantes comme les saules qui fleurissent d'abord et produisent leurs feuilles nourricières ensuite. L'inoptimum est une constante de la vie à tous les paliers.

Canada

Canada Post / Postes Canada

Bulk / En nombre
Third Class / Troisième classe

K1A 0R6
Canada

Vous changez d'adresse? Il faudrait alors nous communiquer le numéro qui se trouve en haut et à droite de l'étiquette de votre adresse postale pour que nous puissions introduire ce changement dans notre ordinateur.