

EDDE DES POMMES

ER
469
facile de
uer « bio »



REDOUTABLES GUÊPES

Faut-il craindre
leur venin ?



NQ

Septembre 2004

Québec Science

Il y a des médailles de plus
en plus lourdes à porter et
des records de plus en plus
touchés. Mais tout a-t-il été
dit sur le dopage ?



Dopage : les vraies raisons du scandale



LE NET PLUS ULTRA

20 sites Internet
à visiter



ASTRONOMIE

La ruée
vers les
météores



4,95 \$



Envoyé de poste n° 40064517 - publications
Enregistrement n° 08024 525 rue Louis-Pasteur,
Boucherville, Québec, Canada J4B 8C7

www.cybersciences.com



PERCER LES MYSTÈRES

QUI A TUÉ AURORE GAGNON?... ET POURQUOI? COMMENT CETTE « ENFANT MARTYRE » EST-ELLE DEVENUE UNE ICÔNE DE L'IMAGINAIRE COLLECTIF QUÉBÉCOIS ? CAROLYNE BLANCHARD ET PETER GOSSAGE VOUS INVITENT À MENER VOTRE PROPRE ENQUÊTE.

Et soyez assuré que l'expérience sera authentique et captivante grâce au site *Les grands mystères de l'histoire canadienne* (www.mysterescanadiens.ca) dont le prototype a remporté en 2001 le prix NAWeb du meilleur site éducatif en Amérique du Nord. Le site *Aurore !* est le deuxième d'une série de 13 sites qui invitent les internautes à jouer aux historiens-détectives en leur donnant le droit de fouiller dans les archives et de lire les rapports des policiers, les différents témoignages entendus à l'époque, les articles de journaux et même des lettres personnelles.

Tous deux de l'Université de Sherbrooke, Carolynne, diplômée récente de la maîtrise en histoire, et Peter, professeur d'histoire, font partie de la trentaine d'étudiants, de professeurs et de professionnels des universités de Victoria, de Sherbrooke et de Toronto qui ont conçu et qui alimentent le site. Pour eux et les milliers de personnes qui fréquentent le site, l'histoire n'a rien de poussiéreux.

La recherche à l'Université de Sherbrooke, c'est bien plus que 90 M\$ en subventions annuelles. C'est aussi :

- ▣ des occasions de changer le monde
- ▣ des ressources efficaces de soutien au travail scientifique
- ▣ des collaborations fructueuses entre les disciplines

SOMMAIRE

SEPTEMBRE 2004, VOLUME 43, NUMÉRO 1 www.cybersciences.com

CHRISTIAN FLEURY

l'événement

7 Neutrinos, êtes-vous là?

Les physiciens lancent une chasse sans précédent pour capturer ces fantômes de l'espace.

par Fabien Gruhier



9 Le pic du porc-épic

Tous les 11 ans, le nombre de ces mammifères décuple dans le parc du Bic. Étonnant: leur cycle serait lié à celui du Soleil.

par Joël Leblanc

Perplexité chronique
12 Parole d'expert
par Brigitte Gemme

Innovation

13 Une crevette dans la rotule

Le chitosane contenu dans la carapace de ces crustacés stimule la reconstruction du cartilage humain.

par Isabelle Masingue

Planète ADN

15 Kaguya, la souris sans père

Les biologistes ont réussi à utiliser une méthode de reproduction inconnue chez les mammifères: la parthénogenèse.

par Jean-Pierre Rogel

Société

16 Pourquoi le dopage fait-il si peur?

Les athlètes payent cher le prix des records. Face aux tricheurs, se scandalise-t-on pour les bonnes raisons?

par Isabelle Cuchet

Biologie

22 Les guerrières de l'été

Les guêpes sont si redoutables que l'armée des États-Unis songe à les enrôler.

par Marie-Pier Elie

Agroalimentaire

27 Le casse-tête de la pomme «bio»

Les pomiculteurs du Québec ont bien du mal à se mettre au vert.

par Mathieu-Robert Sauvé



Astronomie

32 La ruée vers les météores

Comme jadis les chercheurs de pépites, les chasseurs de météorites rêvent de faire fortune. Souvent au détriment de la science.

par Joël Leblanc



Internet

38 Un Web plus intelligent

Le père du Web veut rendre sa créature plus facile à utiliser. Pour nous faire gagner du temps.

par Philippe Chartier

40 Le «Net plus ultra»

Où trouver de l'information scientifique fiable? Voici notre sélection des 20 meilleurs sites.

par Ludovic Hirtzmann

techno~pratique

Science Culture

46 Lego, cube et Meccano

Les jeux de construction font naître de grandes vocations.

par Mélanie Saint-Hilaire

47 Jeux

par Jean-Marie Labrie

48 Aujourd'hui le futur

par Philippe Desrosiers



Portfolio

49 Vol libre

Bien vu!

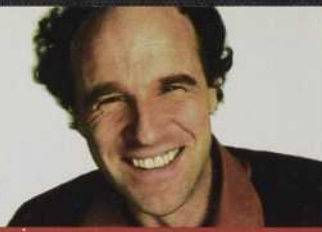
50 La pluie et le beau temps

Madame Météo a-t-elle trop d'emprise sur nos vies?

par Bernard Arcand et Serge Bouchard

À la Une

par Raymond Lemieux



Des athlètes? Des performers!

Pierre de Coubertin en ferait des ulcères. Lui qui disait, à l'adresse des athlètes présents aux premiers Jeux olympiques, que « l'important, c'est de participer », constaterait aujourd'hui qu'on leur en demande beaucoup plus. On réclame qu'ils abattent des records, de « performer », de repousser toujours plus loin les limites humaines.

Ce qui est tout à fait dans l'air du temps. C'est pourquoi les athlètes ne sont plus seulement des modèles*, ce sont des miroirs. Les arguments de l'anthropologue Isabelle Queval, que rapporte notre article, sont troublants, car ils situent le débat sur le dopage dans une perspective qui n'a rien à voir avec la tricherie.

D'ailleurs, à ce propos, le dopage est socialement bien ancré dans nos modes de vie. Des fonctionnaires carburent au café pour mieux travailler; des poètes, au tabac pour être plus inspirés; des courtiers, au scotch pour être plus en confiance; des amoureux, au chocolat-gingembre pour être plus amoureux; et même Popeye a recours aux épinards pour se donner la force d'un super-héros. Tout cela pour « performer ». Pour être meilleur, plus fort, plus créatif. Il en va évidemment de même dans le monde du sport.

Mais voilà, rappelle Isabelle Queval, la nature du sport a changé. Le vainqueur d'une course, c'est celui qui arrive le premier, certes. Dans l'esprit d'aujourd'hui le GRAND vainqueur d'un sprint, c'est celui qui aura fait le meilleur temps de mémoire de chronométrateur. (Les chronos n'existaient pas dans la Grèce antique.)

Les produits dopants proposés par les pharmaciens-sorcières ne contribuent qu'à rendre un peu plus réalisables ces grandes ambitions sportives. Il va de soi que cela n'excuse pas pour autant leur usage. Les effets à long terme de plusieurs de ces drogues chez les athlètes sont mal connus. Le scandale est là. Nulle part ailleurs. Mais vous avez certainement remarqué combien l'opprobre s'abat exclusivement sur cet athlète qui a eu la mauvaise idée de prendre le risque d'ajouter quelques suppléments à un régime d'entraînement déjà très contraignant et très contrôlé. C'est à celui-là même que l'on réclame pourtant des records et des médailles.

Pour l'heure, le dopage n'a fait que repousser une échéance : celle du jour où on aura atteint les limites humaines de l'effort physique. Ce jour où les records – le meilleur temps aux 100 m ou le saut en hauteur, le nombre de kilos à soulever pour un haltérophile – seront à jamais imbattables.

*L'argument le plus invraisemblable qu'il nous soit donné d'entendre pour critiquer cette consommation chez les sportifs, c'est celui qui consiste à servir d'exemple pour les jeunes. Nos athlètes, des modèles ? Il faudrait rappeler que nombre de ces modèles de santé ont périclité après une fulgurante carrière. Plus tard, au tournant de la quarantaine, on les voit obèses et dépressifs (faut-il des noms ?), ce qui n'a certainement plus rien à voir avec des modèles de bonne santé.

Québec Science

Rédacteur en chef Raymond Lemieux
rlemieux@quebecscience.qc.ca

Adjoint au rédacteur en chef Laurent Fontaine
lfontaine@quebecscience.qc.ca

Équipe de rédaction et collaborateurs
Bernard Arcand, Serge Bouchard, Philippe Chartier, Isabelle Cuchet, Philippe Desrosiers, Catherine Dubé, Marie-Pier Elie, Brigitte Gemme, Fabien Gruhier, Ludovic Hirtzmann, Jean-Marie Labrie, Joël Leblanc, Isabelle Masingue, Pascale Millot, Jean-Pierre Rogel, Mélanie Saint-Hilaire et Mathieu-Robert Sauvé

Correcteur Luc Asselin
Directeur artistique François Émond
Photographes/illustrateurs Arsenio Corôa, Christian Fleury, Frefon, Joël Leblanc, Sylvain Majeau, Yves Médam, Michel Rouleau

Directeur exécutif Marc Côté
Adjointe administrative Nicole Lévesque

PUBLICITÉ LOCALE ET NATIONALE :

Siège social à Montréal

Tél. : (514) 843-6888 Téléc. : (514) 843-4897

Secteur public/institutionnel : Carole Martin poste 26
cmartin@quebecscience.qc.ca

Secteur privé/corporatif : Claire Breton poste 29
cbreton@quebecscience.qc.ca

SITES INTERNET

www.cybersciences.com

Responsable: Isabelle Cuchet
icuchet@cybersciences.com

www.cybersciences-junior.org

Responsable: Marie-Pier Elie
mpelie@cybersciences.com

Abonnements

(taxes incluses) Au Canada : 1 an = 43,45 \$,
2 ans = 74,85 \$, 3 ans = 103,95 \$.
À l'étranger : 1 an = 54 \$, 2 ans = 95 \$, 3 ans = 139 \$.

Pour abonnement et changement d'adresse

Tél. : (514) 875-4444 Téléc. : (514) 523-4444

Québec Science, Service des abonnements
525, rue Louis-Pasteur, Boucherville (Québec) J4B 8E7

Abonnement par Internet

www.cybersciences.com/abonnement
Pour la France, faites votre chèque à l'ordre de :
Rowecom France, rue de la Prairie, Lillebonne sur
Yvette, 91763, Palaiseau cedex, France

Pelliculage électronique et impression : Interweb
Distribution en kiosques : Les Messageries Benjamin
Distribution Canada hors Québec, États-Unis : LMPi

Dépôt légal : Bibliothèque nationale du Québec

Premier trimestre 2000, ISSN-0021-6127 Répertoire dans Repère et dans l'Index des périodiques canadiens.

© Copyright 2000 – La Revue Québec Science. Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés.

Le magazine sert avant tout un public qui recherche une information libre et de qualité en matière de sciences et de technologies. L'éditeur n'est pas lié à quelques exigences publicitaires. Les journalistes de Québec Science sont tenus de respecter le guide de déontologie de la Fédération professionnelle des journalistes du Québec. Québec Science, magazine à but non lucratif, est publié 10 fois l'an par la revue Québec Science. La direction laisse aux auteurs l'entière responsabilité de leurs textes. Les manuscrits soumis à Québec Science ne sont pas retournés. Les titres, sous-titres, textes de présentation et rubriques non signés sont attribuables à la rédaction. Le contenu de ce magazine est produit sur serveur vocal par l'Audiothèque pour les personnes handicapées de l'imprimé.
Téléphone : Québec (418) 627-8882, Montréal (514) 393-0103

Développement
économique
et régional

Québec

Canada

Québec Science est supporté par le Cégep de Jonquière et reçoit l'aide financière du ministère du Développement économique et régional. Nous reconnaissons l'aide financière accordée par le gouvernement du Canada pour nos coûts d'envoi postal et nos coûts rédactionnels par l'entremise du Programme d'aide aux publications et du Fonds du Canada pour les magazines.

Membre de : The Audit Bureau of Circulations

La Revue Québec Science
4388, rue Saint-Denis, bureau 300
Montréal (Québec) H2J 2L1
Tél. : (514) 843-6888
Téléc. : (514) 843-4897
courrier@QuebecScience.qc.ca



MAGAZINES DU QUÉBEC



CEGEP de Jonquière

Véhicule d'avenir

À la suite de notre article sur le vélo (« Une championne bien en forme », juin 2004), Pierre Gagnon, de Sorel-Tracy, propose la mise en marché d'un « *super-vélo, un véhicule individuel peu polluant, peu énergivore, peu encombrant, mais assez rapide et qui pourrait être utilisé par des individus aux capacités athlétiques moyennes* ». De quoi répondre aux besoins des déplacements en ville, « car le pétrole, ressource non renouvelable, voit son abondance relative diminuer – le prix de l'essence à la pompe nous le rappelle ».

Dans ce contexte, notre lecteur trouve inutiles les règlements de l'Union cycliste internationale (UCI) sur les standards des vélos de compétition : « *L'argument de l'égalité ne tient pas la route*, écrit-il. *Si on permettait l'usage du vélo couché, du vélo caréné, etc., et si ceux-ci s'avéraient plus efficaces et plus rapides, les coureurs cyclistes trouveraient bien les ressources et l'argent pour se procurer ces nouveautés et l'égalité si chère à l'UCI serait vite rétablie. Une approche plus ouverte à l'expérimentation ferait du sport cycliste le déclencheur d'un progrès technique qui profiterait à de nombreux individus et à l'environnement. Chose certaine, un excellent vélo propulsé par un cycliste peu en forme ne va tout de même pas très vite.* »

Bar des sciences

À Montréal et à Québec, les 7 et 8 septembre

Pourquoi le dopage fait-il peur ?

Animé par Yanick Villedieu
(Les années-lumière, Radio-Canada)

L'esprit sportif est-il en voie de disparition ? Pour améliorer leur performance, certains athlètes ont recours à d'étranges médicaments. Quels dangers ces drogues représentent-elles ? Quel est vraiment l'étendue du phénomène ? Comment les fédérations sportives réagissent-elles à ce problème ?

Entre autres invités : Christiane Ayotte, chimiste au Laboratoire de contrôle du dopage INRS-Armand Frappier, Robert Frosi, chroniqueur sportif, Stéphanie Dubal, neuropsychologue et Maryse Turcotte, médaillée olympique en haltérophilie qui sera de retour des Jeux olympiques d'Athènes.

À Montréal, l'événement a lieu le 7 septembre de 17h30 à 19h30 au Barouf, 4171, rue Saint-Denis.

À Québec, il se tient le 8 septembre de 17h30 à 19h30 au Loft, 291, rue Saint-Vallier Est.

Organisé par l'équipe de Québec Science en collaboration avec le Consulat général de France à Québec et le cégep de Limoilou (pour l'événement de Québec).

Assurez-vous d'avoir une place en vous inscrivant auprès de Mme Nicole Lévesque au (514) 843-6888 poste 21.

➤ Le 29 septembre, le cégep Saint-Laurent propose un autre bar des sciences pour aborder les questions de dopage dans le monde du sport.

Animé par Isabelle Tardif Outre Christiane Ayotte et Robert Frosi, le bar des sciences du cégep recevra Suzanne Laberge, sociologue-kinésiologue à l'Université de Montréal.

L'événement a lieu à 18h.

(Un cocktail est offert par le collège)

625, avenue Sainte-Croix, Montréal

Métro Du collège

Infos : 747-6521 poste 7464.

Savoureux

Catherine St-Georges, agronome, tient à nous féliciter pour l'article intitulé, (« Le vrai goût du Québec » juillet-août 2004). « Vous avez su recueillir les propos des personnes clés en ce qui a trait à ce dossier et vous avez donné une voix

à tout ces producteurs artisans d'aliments authentiques, écrit-elle. En espérant, que cet article soit lu par les hauts dirigeants pour qu'enfin on puisse donner une reconnaissance formelle et efficace du travail des artisans de chez nous. »

On n'en sait jamais trop.

L'UQAM offre plus d'une centaine de programmes d'études de cycles supérieurs pour vous permettre d'approfondir vos connaissances.

- Microprogrammes et programmes courts de 2^e cycle
- Diplômes d'études supérieures spécialisées (DESS)
- Maîtrises (profils recherche, création et professionnel)
- Doctorats

uqam.ca

UQAM

Prenez position

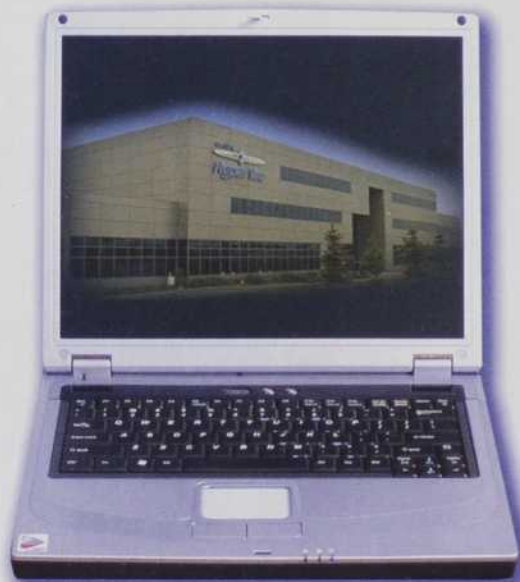
Moins de fils et plus de temps pour travailler ...



Optez pour la liberté avec les portables sans fils

CIAO™

dotés de la technologie mobile Intel® Centrino™



Le dernier-né de la gamme des portables Ciara, le nouveau **CIAO™** fait appel au tout dernier processeur Intel® Pentium® M et à la technologie mobile Intel® Centrino™. **CIAO™** vous offre des performances exceptionnelles et une autonomie hors du commun dans un portable au design compact et stylisé. Sans fils, c'est possible avec la technologie mobile Intel® Centrino™. Vous disposez d'un outil nomade ultra puissant conçu dans un design plus fin et plus léger.

Ciara Technologies fabrique votre CIAO™ selon vos spécifications et vous le livre dans les 48 heures*.



**Appelez dès aujourd'hui au
1-877 CIARA PC (242 7272)
ou visitez notre nouveau site Web
www.ciara-tech.com**



Intel, Intel logo, Intel Inside, Intel Inside logo, Intel Centrino, Intel Centrino logo, Celeron, Intel Xeon, Intel SpeedStep, Itanium, Pentium, and Pentium III Xeon are trademarks or registered trademarks of Intel Corporation or its subsidiaries in the United States and other countries.

*Délai de livraison approximatif pour certain modèles seulement (veuillez consulter un représentant des ventes de Ciara Technologies pour les modèles disponibles)

Neutrinos, êtes-vous là?

Les physiciens lancent une chasse sans précédent pour capturer ces fantômes de l'espace.

Vue de l'intérieur du détecteur de neutrinos SuperKamiokande au Japon. On y voit, installés sur un canot pneumatique, des techniciens procédant à l'entretien des tubes photo-multiplicateurs qui capteraient les particules mystérieuses.

Les neutrinos sont de vrais « passe-murailles ». Ils sont tellement fugaces que pour arrêter seulement la moitié de ceux qui nous arrivent du Soleil, il faudrait bâtir un mur de plomb d'une épaisseur d'une année-lumière – l'équivalent de quatre millions de fois la distance qui nous sépare du Soleil. La Terre elle-même, pourtant bien compacte, ne réussit à en intercepter qu'un seul sur 100 000 milliards qui la traversent. Et chaque seconde, plus de mille milliards d'entre eux transpercent chacune de nos mains sans y provoquer le moindre picotement!

En savoir plus sur ces particules fantomatiques aiderait beaucoup à la compréhension du monde. Leur existence a été prédite par les physiciens dès 1930, et il a fallu ensuite presque 30 ans de quête acharnée pour confirmer leur existence.

Depuis, on ne cesse de les traquer. Les cosmologistes ont pu estimer leur abondance : les neutrinos sont trois milliards de fois plus nombreux que tous les protons et neutrons constituant la matière de l'Univers. Ils représentent sans doute une masse

équivalente à l'ensemble de toutes les étoiles, ce qui n'est vraiment pas rien. Et ils sont, peut-être, à la fois leur particule et leur antiparticule – une caractéristique unique dans le monde des corpuscules. Ils constitueraient ainsi, par ce caractère « double », une sorte de ligne de rencontre, une tangente entre le monde de la matière et celui de l'antimatière. Un jour, ils nous aideront peut-être à savoir où a bien pu passer l'antimatière, apparue nécessairement à parité avec la matière lors du big-bang.

On comprend pourquoi, en juin dernier, la XXI^e Conférence internationale « Neutrino 2004 » a attiré à Paris 500 physiciens venus de 36 pays différents, presque la moitié des spécialistes de la planète qui « élucubrent sur cette particule mystérieuse par pure curiosité scientifique », comme le disait un des participants!

Les organisateurs se sont aussi efforcés de capter l'attention du grand public. Histoire de redorer le blason de la science en général, et de la physique théorique en particulier – qui semble peu séduire les jeunes générations malgré les rebondissements de ses enquêtes

ébouffantes –, on a même monté des spectacles, dont une pièce de théâtre intitulée : *Einstein et Pécuchet au pays des neutrinos*, et un ballet cosmique sur l'argument poétique : « 66 milliards par cm^2 par seconde ». Évidemment, il est difficile de trouver des danseurs capables de valser avec la même légèreté que les neutrinos...

Et encore plus difficile de vraiment percer les mystères de ceux-ci. Les premiers résultats qui doivent conforter le neutrino dans son hypothétique rôle de « particule bi », à la fois matière et antimatière, se font attendre. De même, les chercheurs n'ont pas encore réussi à trouver la trace des innombrables neutrinos fossiles originaires du big-bang, alors que ceux-ci font partie des hypothèses cosmologiques les plus étayées sur le plan théorique. Il n'empêche que la palpitante saga des neutrinos tient bel et bien en haleine la planète des physiciens.

En 1930, Wolfgang Pauli a postulé l'existence d'une particule fantôme pour expliquer une apparente (et insupportable) violation du principe de con-



Le laboratoire SNO à Sudbury

servation de l'énergie observée dans les réactions nucléaires. En 1933, Ettore Fermi la baptise « neutrino », et tout le monde se met à la rechercher, « comme on rechercherait une aiguille dans une énorme botte de foin à l'aide d'un microscope », illustre François Vanucci, l'un des participants français à la récente conférence de Paris.

Enfin, en 1956, on capte à grand-peine une trace de ce fumeux neutrino à l'aide d'un détecteur proche du réacteur nucléaire de Savannah River, en Caroline du Sud. La difficile quête continue, sans succès notable.

Entre-temps, les théoriciens ne chôment pas. Ils établissent la théorie de l'oscillation du neutrino, capable de se métamorphoser en plusieurs formes distinctes et provisoires. Il y aurait donc plusieurs avatars du neutrino, ne cessant de se changer l'un en l'autre, ce qui ne simplifie pas les choses.

En 1962, on détecte un certain neutrino-mu, puis d'autres. Mais en 1968, on met en évidence un fâcheux déficit : malgré la multiplicité des expériences, les neutrinos émis par le Soleil sont toujours deux ou trois fois moins nombreux que prévu. Ce mystère dans le mystère va persister des années, et le « déficit » va être constamment confirmé par les délicates mesures effectuées sous la mer ou dans des tunnels très profonds, des zones que seuls les neutrinos peuvent atteindre, une fois soustraits au brouillage des rayons cosmiques.

Une insuffisance très gênante, car les particules manquant à l'appel semblent invalider le modèle admis des réactions thermonucléaires : les physiciens auraient-ils

Des neutrinos au travail

Sans attendre la résolution de toutes les énigmes, les physiciens ont déjà imaginé quelques applications pratiques à la chasse aux neutrinos, et certaines utilisations détournées pour les techniques sophistiquées servant à les capter :

- La localisation des sous-marins en plongée.
- Le contrôle par l'Agence internationale de

l'énergie atomique des réacteurs nucléaires présumés pacifiques.

- La recherche de pétrole.
- La prévision des avalanches.
- La vérification du millésime des grands vins, inégalement « enrichis » selon les années par les retombées de Tchernobyl.

fait fausse route ? Faudrait-il imaginer une autre explication pour l'énergie du Soleil ?

En 1998, l'énigme du déficit est résolue par l'expérience SuperKamiokande, au Japon : on ne détecte qu'un tiers environ des neutrinos solaires, parce que seul l'un de leurs trois avatars fait réagir nos détecteurs. L'interprétation des résultats permet aussi de résoudre cette angoissante question : oui ou non, le fugace neutrino, qui se déplace à la vitesse de la lumière, possède-t-il une masse ? La réponse, indiscutablement, est oui. Une masse infinitésimale : quelque chose comme le millionième de celle de l'électron peut-être, selon les estimations avancées à Paris. Mais une masse quand même, ce qui change tout. Car cette masse ridicule, multipliée par le nombre incommensurable de telles particules, leur permet de jouer un rôle majeur dans la répartition de la matière invisible. In-saisissables, les neutrinos n'en représentent pas moins une contribution très importante à la masse totale de l'Univers. Quant à leur omniprésence, elle tient à leur naissance inévitable lors de chaque réaction nucléaire, de chaque désintégration d'atome, que ce soit dans les supernovæ, les étoiles, le Soleil, les gisements d'uranium, ainsi que chacune de

nos centrales nucléaires et chacun de nos accélérateurs de particules. Même le corps humain en émet, puisqu'il renferme du potassium radioactif.

Depuis quelques années, la connaissance sur les neutrinos a progressé. En 2001, l'expérience canadienne SNO, à Sudbury, a confirmé les résultats enregistrés au Japon, et permet d'asseoir définitivement la théorie des oscillations. Aujourd'hui, nul n'en doute plus, le neutrino existe sous trois formes – on dit désormais trois « saveurs » – affichant chacune une signature expérimentale distincte : le neutrino-électron, le neutrino-muon et le neutrino-tau. Chaque forme possède une masse différente, la saveur tau pouvant par exemple « peser » 10 fois plus que la saveur muon. Et qui, néanmoins, sont constamment interchangeables l'une en l'autre.

Cette version cosmique du mystère de la sainte Trinité tiendra-t-elle cependant longtemps la route ? Selon Thierry Stolarczyk, chercheur au Commissariat à l'énergie atomique français, « l'expérience Mini Boon menée aux États-Unis nous obligera peut-être à admettre l'existence d'une quatrième forme du neutrino ». Décidément !... **CS**

Le pic du porc-épic

Tous les 11 ans, le nombre de ces mammifères décuple dans le parc du Bic. Étonnant : leur cycle serait lié à celui du Soleil.

La population de porcs-épics du parc du Bic, dans le Bas-Saint-Laurent, connaît un boom démographique tous les onze ans. Puis leur nombre décroît avant de décupler à nouveau. Ce qu'il y a de plus étrange, c'est que le cycle de cette espèce suit celui du soleil.

C'est ce qu'a découvert Ilya Klvana, diplômé du programme de maîtrise en gestion de la faune de l'Université du Québec à Rimouski. Il a étudié les variations de population de ce petit mammifère au cours des 133 dernières années pour en arriver à cette constatation.

Notre Soleil n'est pas une étoile très constante. La quantité d'énergie lumineuse qu'il nous envoie suit un cycle bien régulier au cours duquel le rayonnement atteint un maximum tous les 11 ans. Ces variations ne sont perceptibles sur de longues périodes qu'avec une mesure précise des radiations. Les populations de porcs-épics atteignent un maximum cinq ans après chaque maximum solaire.

Pour évaluer les variations, les chercheurs ont étudié les cicatrices d'alimentation sur les arbres. Les époques riches en cicatrices correspondent à un sommet dans les populations de porcs-épics. « Pendant la saison chaude, ces rongeurs mangent des feuilles, des bourgeons et des petits fruits, explique Dominique Berteaux, titulaire de la Chaire de recherche canadienne en conservation des écosystèmes nordiques à l'Université du Québec à Rimouski et directeur de recherche pour ce projet. Durant l'hiver, les vivres sont rares et le rongeur doit chercher ailleurs de quoi manger. Lorsqu'un porc-épic a faim, il attaque



Ilya Klvana, biologiste, suit de près l'évolution du porc-épic dans le parc national du Bic près de Rimouski. Chaque animal est étudié sous toutes ses coutures. À droite la patte d'un bébé.

alors l'écorce de certains arbres pour en déguster la couche interne, le cambium. L'arbre n'en meurt pas, mais il en garde une cicatrice qui peut encore être retrouvée plus de un siècle plus tard. » Grâce aux cernes de croissance de l'arbre, on peut dater les cicatrices et avoir une bonne idée de l'abondance des porcs-épics chaque année. Résultats : les meilleures années ont vu naître jusqu'à 15 fois plus de petits que

les moins bonnes, avec une moyenne d'environ 10 fois plus pour la période étudiée.

Ilya Klvana a aussi consulté les archives météo de la région pour constater que les moyennes de température au printemps, de même que la quantité de précipitations durant l'hiver, suivent des cycles qui s'ajustent parfaitement à ceux du Soleil. « Il semblerait, poursuit Dominique Berteaux, que lorsque notre étoile atteint un maximum d'activité, les hivers qui suivent au Bic sont un peu moins enneigés, et les printemps légèrement plus doux. Des changements suffisants pour augmenter les chances de survie des porcs-épics et voir leur population augmenter. »

La population des porcs-épics n'augmenterait-elle qu'autour du Bic ? Il semblerait que le parc soit privilégié. Au long des 133 mêmes années, les stations météo plus éloignées de Québec et des Îles-de-la-Madeleine n'ont pas enregistré des chutes de neige réduites corrélées avec les cycles solaires, contrairement aux stations de Trois-





«Lorsqu'un porc-épic a faim, il attaque l'écorce de certains arbres pour en déguster la couche interne, le cambium. L'arbre n'en meurt pas, mais il en garde une cicatrice qui peut encore être retrouvée plus de un siècle plus tard», dit Dominique Berteaux.

de répondre fortement aux variations globales d'activité solaire.»

C'est évidemment une hypothèse, mais si elle se vérifie, la région du parc du Bic serait un de ces endroits où les surplus d'énergie des étés chauds sont libérés. Et les porcs-épics en seraient les premiers bénéficiaires.

« Bien sûr, continue le chercheur, avec ou sans cycle de variation solaire, les populations animales évoluent selon la disponibilité des ressources et la prédation. Notre étude semble démontrer que le cycle du Soleil, par l'intermédiaire de la météo, agit un peu comme un *pacemaker*, synchronisant ces fluctuations sur un cycle précis de 11 ans. » **CS**

Pistoles et de Pointe-au-Père, situées respectivement à seulement 25 km et 35 km du lieu de l'étude. « Le rayonnement du Soleil ne varie que d'environ 0,1 % entre un maximum et un minimum d'activité, explique Dominique Berteaux. Ça peut sembler faible, mais c'est une différence

suffisante pour accumuler beaucoup d'énergie sur l'ensemble de l'estuaire du Saint-Laurent. Durant les hivers qui suivent, les courants marins font que cette chaleur est libérée dans des endroits très localisés. Un tel mécanisme d'amplification pourrait alors permettre à un climat local

LES VISAGES D'UNE industrie EN CONSTANTE évolution



Grâce à des investissements de 8 milliards de dollars en 10 ans et au travail de centaines de chercheurs, d'ingénieurs, d'informaticiens, de chimistes et de physiciens, l'industrie papetière a tiré pleinement profit de l'essor technologique.

Les développements techniques ont permis aux industriels de réduire leurs besoins énergétiques, d'assainir leurs effluents, de diversifier leurs sources d'approvisionnement et de lancer des produits adaptés aux nouvelles exigences des consommateurs!



Conseil de
l'industrie
forestière
du Québec

www.cifq.qc.ca • (418) 657-7916 • info@cifq.qc.ca



CHRISTIAN DARKIN/SPL/PHOTOPHOTO

Un ptéro dans l'œuf

Le premier embryon fossile de ptérosaure a été découvert à Jingangshan, dans la province du Liaoning, au nord-est de la Chine. L'œuf, presque complet, mesure 53 mm de long et 41 mm de large, et vient confirmer que le ptérosaure pondait bien des œufs. Ce reptile, contemporain des dinosaures, a été le premier vertébré à voler, il y a environ 200 millions d'années.

Le fossile étudié par Xiaolin Wang et Zhonghe Zhou, de l'Académie des sciences de Pékin, date de 121 millions d'années, soit la période du Crétacé. L'embryon à l'intérieur de l'œuf, à un stade proche de l'éclosion, a été bien préservé: il conserve encore les empreintes de ses ailes, des tissus de la peau et des os.



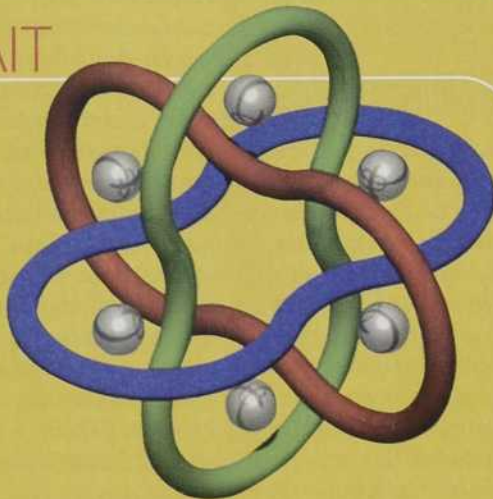
Pas folle, la vache

Une équipe de chercheurs du Japon et des États-Unis affirment avoir mis au point des bovins qui ne courent absolument aucun risque d'attraper la maladie de la vache folle. Cette maladie est causée par la présence dans le système nerveux central des animaux d'une protéine prion, normalement présente sous une forme inoffensive. Les bovins de ces chercheurs ont été génétiquement modifiés de façon à ne plus produire de prions du tout, qu'ils soient normaux ou pas. Des vaches réquisitionnées comme mères porteuses donneront bientôt naissance à ces veaux « OGM anti-prions ».

Seul bémol, on ignore si le prion sain a une fonction... L'an dernier, des chercheurs montréalais rattachés au Lady Davis Hospital avaient démontré que, *in vitro*, le prion semblait protéger les neurones de la mort cellulaire.

Tout COMPTE FAIT

2,5 nanomètres. C'est la largeur du plus petit nœud borroméen jamais réalisé. Ce nœud, constitué de trois anneaux qui s'entrecroisent, est très présent dans l'art viking et l'architecture de la Renaissance. Des chimistes en ont construit une version microscopique en trois dimensions. Pour réaliser cette «œuvre d'art», l'équipe de Fraser Stoddart, de l'université de Californie, n'a eu besoin que de quelques molécules. Le principal défi des chimistes consistait à fermer les trois boucles en même temps. Ils ont d'abord créé 12 chaînes moléculaires de carbone, d'hydrogène, d'azote et d'oxygène, chacune destinée à représenter un quart d'anneau. Ils ont ensuite dissous un peu de zinc dans la solution et l'ont chauffée. Les ions métalliques chargés électriquement ont servi d'appâts et les chaînes se sont organisées autour en formant le minuscule nœud, invisible à l'œil nu.



En hausse

Le plus grand nombre premier. Six mois après la découverte d'un nombre premier de plus de six millions de chiffres, un nouveau record est enregistré: le «lauréat» possède sept millions de chiffres. Ce nombre (difficile à écrire au long...) est le résultat de la formule $2^{(24\ 036\ 583)-1}$. Son découvreur, Josh Findley des États-Unis, a simplement connecté son ordinateur au réseau GIMPS (Great Internet Mersenne Prime Search), qui fait appel aux machines d'environ 60 000 volontaires dans le monde pour analyser ces gigantesques valeurs. En plus d'être un nombre premier (divisible seulement par un et par lui-même), l'entité découverte par Josh Findley est un nombre de Mersenne, une espèce rare de nombres premiers qui prennent la forme $2^p - 1$, où p est aussi un nombre de Mersenne. Il s'agit du 41^e nombre de Mersenne découvert à ce jour.

En baisse

L'état de l'épave du Titanic. Au fond de l'eau, le célèbre navire est victime des touristes-plongeurs. Depuis sa découverte au large de Terre-Neuve en 1985, on estime que 6 000 objets ont été pillés par les équipes de tournage et les chasseurs de trésor. Plusieurs des visiteurs du Titanic ont déposé de lourds équipements sur les ponts de l'épave qui ont ployé sous leur poids. Il y a quelques mois, Robert Ballard, l'archéologue sous-marin qui a découvert ce qu'il reste du tristement célèbre navire, a lancé une opération d'exploration scientifique du Titanic, la première depuis 1985. Trois robots submersibles photographient l'immense carcasse d'acier sous tous les angles. Les chercheurs compareront l'état actuel du navire avec les descriptions précises que Ballard avait faites à l'époque. Tout changement sera imputé aux touristes de la mer, car à 4 000 m de profondeur, l'oxygène est trop rare pour permettre une décomposition rapide.

Pollution aérienne

L'aviation commerciale est l'une des formes de transport les plus polluantes, affirme les Amis de la Terre de Londres. Un seul vol Sydney-Londres nécessite 200 tonnes de carburant. Avec 16 000 vols par année, plus de 600 millions de tonnes de dioxyde de carbone sont rejetées dans l'atmosphère. Le comité intergouvernemental sur les changements climatiques de l'ONU estime que l'aviation cause déjà 3,5 % des gaz à effet de serre d'origine humaine. Une proportion qui pourrait grimper à 15 % d'ici 2050 avec l'augmentation du trafic aérien.

Et ce n'est pas tout. Selon des chercheurs de la NASA, la condensation créée en haute altitude par le passage des gros porteurs accélère la formation de cirrus qui captent la chaleur provenant de la surface de la Terre. Ce phénomène pourrait avoir joué un rôle dans le réchauffement global enregistré aux États-Unis entre 1975 et 1994.

L'hippopo-sudo!



MICHEL ROULEAU

Des chercheurs japonais ont percé le secret des hipopotames qui secrètent une étrange substance rougeâtre lorsqu'ils se trouvent hors de l'eau. On se doutait bien qu'elle avait pour fonction de protéger leur peau, mais on ne savait pas comment. Kimiko Hashimoto et ses collègues de l'université Keio à Yokohama ont identifié deux pigments qui donnent d'intéressantes vertus à ce mucus visqueux. Les chercheurs ont montré que lesdits pigments – l'un rouge, baptisé « hipposudoric acid », et l'autre orange, nommé « norhipposudoric acid » – absorbent les rayons ultraviolets du Soleil. Ils s'avèrent aussi de bons antiseptiques contre les bactéries qui prolifèrent dans la boue dont se couvrent régulièrement ces mammifères. En laboratoire, les pigments ont stoppé la croissance de deux colonies de bactéries pathogènes.



Perplexité CHRONIQUE

par Brigitte Gemme

Parole d'expert

Pas moyen d'y échapper. Les organismes qui subventionnent la recherche, les administrateurs universitaires et même les journalistes scientifiques réunis en congrès : tout le monde exhorte les chercheurs à diffuser davantage leurs connaissances scientifiques auprès du grand public. Pas assez proactifs, voire paranoïaques, les chercheurs sont souvent accusés de se terrer dans leur laboratoire pour fuir les journalistes. À grand frais, les universités ont embauché des relationnistes pour leur tirer les vers du nez et rendre leurs découvertes plus accessibles aux médias. De l'avis de certains, une telle diffusion sur la place publique vise une meilleure appropriation citoyenne de la science. D'autres sont plus francs : ils veulent accroître le soutien du public à la science et, ainsi, maintenir – et si possible augmenter – le financement de cette dernière.

Ces pressions reposent sur deux opinions. D'abord, la recherche universitaire n'aurait pas bonne presse et, ensuite, les chercheurs y seraient pratiquement invisibles. Or au moins deux enquêtes québécoises des années 1990¹ viennent démontrer le contraire. La recherche universitaire ferait l'objet de centaines d'articles et d'une couverture positive, très rarement critique, dans les quotidiens. Pour leur part, la moitié des chercheurs québécois auraient écrit dans un quotidien ou participé à une émission de télé ou de radio au moins une fois au cours des trois années précédant l'enquête.

Ce chiffre, en particulier, n'a pu que croître depuis : les universités travaillent fort pour augmenter leur visibilité, tandis que plusieurs chercheurs ont un intérêt direct à fréquenter micros et caméras. De plus, pour ceux qui commercialisent leurs découvertes, les journalistes deviennent des alliés précieux au moment des rondes de financement.

Loin de déplorer la rareté des interventions des chercheurs dans les médias, j'aiguise un peu plus mon sens critique quand j'en entends un se faire interviewer. D'autant plus que je sais que les recherchistes aiment bien avoir dans leur carnet d'invités préférés les coordonnées de Jean Savant, le chercheur qui « passe bien » et cultive les commentaires incisifs, ces clips de moins de 15 secondes si pratiques à la télé. Une fois « découvert », Jean Savant passe partout et commente tout, même ce qui ne relève pas vraiment de son expertise : son opinion vaut-elle plus que celle d'un citoyen éclairé mais ordinaire ?

Le rôle des journalistes scientifiques n'est pas de quêter des nouvelles pour remplir les pages du dimanche. Ils doivent exiger de ceux qui dirigent la science, et qui ne sont pas toujours les chercheurs eux-mêmes, des réponses franches aux questions les plus difficiles. Leur mission doit demeurer l'information du public, pas la promotion de la science. **CS**

¹ ROBITAILLE, Jean-Pierre et Yves GINGRAS. « L'image publique de la recherche universitaire », *Bulletin CIRST/Envex*, vol. 3, n° 1, novembre 1997.

GODIN, Benoît. *Les usages sociaux de la culture scientifique*, Sainte-Foy : Presses de l'Université Laval, 1999 (voir en particulier le chapitre 6).

Une crevette dans la rotule

Le chitosane contenu dans la carapace de ces crustacés stimule la reconstruction du cartilage humain.

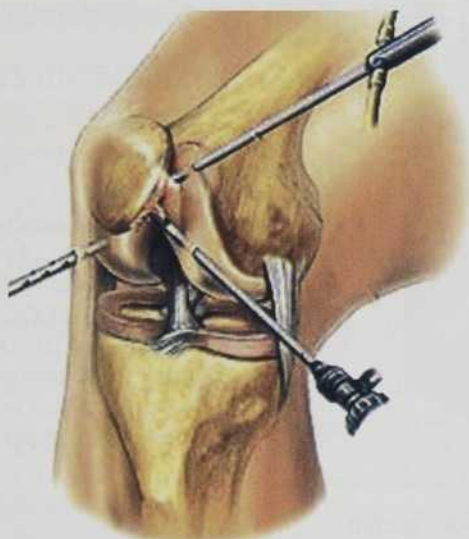
Serge Savard est un fervent partisan de la crevette. L'ancien défenseur des Canadiens de Montréal soutient aujourd'hui les vertus du chitosane, un produit dérivé du crustacé qui permet de fabriquer un polymère. Injecté dans le genou de l'ex-star de hockey, le chitosane a permis de régénérer le cartilage. « Au cours de ma carrière, mes genoux ont été très abîmés, dit-il. J'ai subi plusieurs chirurgies. Le cartilage ayant presque disparu, la solution ultime restait la prothèse. »

Serge Savard a préféré investir chez BioSyntech, une compagnie de biotechnologie qui se spécialise dans la réparation tissulaire. Il en est même devenu l'un des administrateurs, à la demande de son fondateur Amine Selmani, ancien professeur de l'École polytechnique à Montréal.

Réparer le cartilage du genou est un casse-tête qu'aucune technique actuelle ne permet vraiment de résoudre. Le cartilage est une matière qui n'a ni sang, ni nerfs, et peu de cellules pour réparer les tissus, explique Amine Selmani. Il ne se régénère donc pas seul, à l'inverse de notre peau ou de nos cheveux. En revanche, des cellules souches sont présentes dans l'os qu'il recouvre en temps normal. Elles peuvent être stimulées, si l'environnement leur plaît, pour se différencier en cellules réparatrices, les chondrocytes.

BioSyntech a mis au point le BST-CarGel, un biomatériau dont le rôle est d'apporter une matrice adéquate aux cellules souches. « Nous avons choisi le chitosane à cause de ses propriétés régénératrices déjà reconnues. Il est biodégradable, donc bien toléré par les tissus voisins; et il est capable de détruire les bactéries », dit Amine Selmani, président exécutif de la compagnie.

Le chitosane est produit à partir des carapaces de crustacés. Il renferme des groupements acétyl – des ensembles de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. Selon le nombre de groupements que l'on utilise, le



Le biomatériau composé de chitosane est introduit dans le genou lors d'une arthroscopie.

chitosane se dégrade plus ou moins vite à l'intérieur du genou. « Celui du BST-CarGel en contient juste la bonne quantité pour agir pendant un mois environ. Ensuite il disparaît, englouti par des enzymes », explique M. Selmani.

Avant d'être introduite, la solution de chitosane est mélangée avec un peu de sang prélevé sur le patient. Les cellules souches issues de la moelle osseuse y trouvent leur nourriture ainsi que des protéines nécessaires au processus de régénération (facteur de croissance).

Au moment de l'opération, le produit est injecté sous forme liquide. Mais la nature du BST-CarGel lui confère un avantage : il se transforme en gel à la température du corps. « C'est une molécule que nous ajoutons – un glycérophosphate – qui lui donne cette capacité. En 10 minutes, le polymère gélifie dans le genou. Ainsi, il adhère mieux aux surfaces environnantes, à l'endroit de la lésion », explique Amine Selmani.

Tout est alors en place, à l'intérieur du genou abîmé, pour favoriser la production



Il faut à peu près un mois pour que le gel (de couleur rouge), injecté dans le genou, régénère le cartilage comme on le voit ci-dessous.



de cellules souches pour que la blessure soit réparée. Dans cette matrice enrichie, elles trouvent enfin un milieu favorable pour se différencier. « En quelques semaines, de nouvelles cellules réparatrices synthétisent un cartilage de premier cru qui conserve toutes ses propriétés mécaniques », affirme Amine Selmani.

Déjà, quatre personnes au Canada ont bénéficié de ce traitement grâce au Programme d'accès spécial de Santé Canada. « Aujourd'hui, je n'ai plus de douleur. Je boite encore un peu, mais je n'ai pas besoin de prothèse. Et je marche beaucoup mieux qu'il y a neuf mois », raconte Serge Savard, manifestement heureux de pouvoir se remettre à jouer au golf. Des essais cliniques plus larges devraient débuter d'ici deux mois. Aux États-Unis, 1,6 million d'arthroscopies – la technique la plus populaire pour examiner l'intérieur du genou – sont réalisées chaque année. Le président de Biosyntech est donc très impatient de voir le produit dérivé de la petite crevette du Québec conquérir l'Amérique. **CS**

VXRACK

AUCUN SUPER-ORDINATEUR N'EST ALLÉ AUSSI LOIN



VXRACK
Video
gratuit

Pour recevoir le vidéo gratuit
envoyez un courriel avec vos
nom et adresse à
cdgratuit@vxrack.com

VXCUBE™ - 32 Itanium® 2 d'Intel®

- 1 VXCUBE 16 noeuds
- 32 processeurs Itanium® 2 d'Intel®**
(1,4 GHz, 1,5 Mo de cache)
- 2 Go ECC/DDR Haute performance par noeud**
- 1 disque de 40 Go ATA 100 par noeud
- 1 fente PCI-X par noeud**
- 2 ports 1 Gigabit par noeud
- 1 commutateur 24 ports 1 Gigabit

125 870\$*



Rentabilité, performances et fiabilité

VXRACK™ avec processeur **Xeon™ d'Intel®**.
Obtenez le rapport **prix/performance** correspondant
à vos **besoins**.

VXRACK™ - 256 Xeon™ d'Intel®

Un seul cabinet

Performance maximum: 1,36 Tflops

128 noeuds de calcul

256 proc. Xeon™ d'Intel® à 2,66 GHz

1 Go de mémoire ECC/DDR par noeud

1 disque 40 Go ATA 100 par noeud

1 fente PCI-X par noeud

2 ports 1 Gigabit par noeud

8 commutateurs 24 ports 1 Gigabit



329 995\$*

CIARA

Ciara est un manufacturier d'ordinateurs de classe mondiale. Ciara conçoit, développe, manufacture, met en marché, entretient et supporte une variété d'ordinateurs incluant des ordinateurs personnels, des portables, des stations de travail graphiques, des serveurs sur bâti ou en tour, du stockage en réseau, la toute nouvelle technologie de grappe VXRACK™ et le révolutionnaire système de stockage iSCSI VXSTOR™. La grappe de superordinateurs de Ciara est basée sur les architectures IA32 et IA64 d'Intel et utilise le système d'exploitation Linux. Ciara est fier d'être reconnu par Intel comme "Intel Premier Provider".

Incorporé en 1984, Ciara termine sa 20^e année dans le domaine des Technologies de l'Information. Les produits Ciara sont certifiés UL, CE, ACNOR, DOC et EPA. Tous les produits sont construits selon les standards et la norme ISO 9001. La croissance de Ciara lui a permis en février 2003 d'emménager dans un complexe ultra moderne de 576 000 pi car, avec la capacité de produire plus de 500 000 unités par année.

Stockage SATA VXSTOR™ Xtreme

- Jusqu'à **6 To** de stockage par matrice
- Bande passante de plus de **120 Mb/s**
- Double Xeon™ 2,4 GHz
- 1 Go (2 x 512 Mo) ECC/Reg
- Disques enfichables à chaud
- **RAID SATA 1, 0 ou 5**
- Technologie d'avant garde
- Composantes de qualité professionnelle
- Blocs d'alimentation redondants (2+1) enfichables à chaud
- **Prix par Go le plus bas de l'industrie**



FS-2120 (3 To - 2U)

12 x 250 Go SATA

9 995\$*

FS-3160 (4 To - 3U)

16 x 250 Go SATA

11 955\$*

FS-5124 (6 To - 5U)

24 x 250 Go SATA

17 890\$*

*Tous les prix sont en dollars canadiens; taxes, installation sur place et expédition en sus

TÉLÉPHONEZ DÈS MAINTENANT 866-7VX-RACK OU WWW.VXRACK.COM





Kaguya, la souris sans père

Les biologistes ont réussi à utiliser une méthode de reproduction inconnue chez les mammifères : la parthénogenèse.

En avril dernier, des chercheurs japonais ont annoncé dans *Nature* qu'ils étaient parvenus à créer un mammifère sans reproduction sexuée par une autre méthode que le clonage. C'est une souris, elle se nomme Kaguya – en l'honneur d'un bébé célèbre au Japon et trouvé dans un bosquet de bambous, dit-on... Elle va très bien, puisqu'elle a eu récemment sa première portée de souriceaux tout à fait normaux.

La méthode employée par Tomohiro Kono et son équipe s'appelle la parthénogenèse, un terme que les biologistes appliquent à tout développement d'un embryon n'ayant pas recours à un matériel génétique d'origine mâle. Comparé au clonage, il y a des différences importantes. Alors que le clonage permet d'obtenir un embryon à partir du transfert de noyau de cellule adulte dans un ovocyte énucléé, la parthénogenèse consiste à créer un embryon à partir d'un patrimoine génétique unique. En d'autres termes, elle est de la « reproduction virginale ».

On peut observer ce phénomène à l'occasion dans la nature chez les plantes, chez certains poissons, chez certains insectes et, exceptionnellement, chez les poulets et les dindons, mais jamais chez les mammifères. Pour ces derniers (y compris l'homme, bien entendu), il faut absolument que deux cellules sexuelles se rencontrent pour que l'embryon se développe; pas moyen de faire autrement. On pense que c'est parce que les embryons de mammifères ont besoin de la bonne combinaison de matériel génétique venant du père et de la mère pour survivre et se développer. En effet, bien que le sperme et l'ovule portent des jeux de gènes équivalents, leurs gènes sont activés différemment, ce qu'on appelle l'*imprinting* (désolé, il ne semble pas y avoir de terme français). En gros, cela signifie que certains gènes sont programmés pour être silencieux dans le sperme et s'exprimer dans l'ovule, et vice versa. Sans *imprinting* approprié, il n'y pas d'embryon chez les mammifères.

Malgré tout, la parthénogenèse existe chez des organismes très évolués, comme les oiseaux, et cela titille la curiosité des scientifiques qui aimeraient en connaître les secrets. Comment donc ce truc est-il possible ? Des générations de chercheurs ont tenté d'induire artificiellement cette méthode en laboratoire. Mais « l'im-



Kaguya et sa progéniture

T. KONO

maculée conception » se dérobe. Seuls des oursins, des grenouilles et des lapines ont été obtenus, de peine et de misère, par parthénogenèse. En 1939, il a fallu plus de 800 essais à Gregory Pincus – l'homme qui devait ensuite inventer la pilule contraceptive – pour faire naître quatre lapines.

Tout cela permet de mieux mesurer l'exploit des chercheurs japonais. Plutôt que tenter de démarrer la parthénogenèse en imprimant des chocs thermiques ou chimiques à l'ovule, comme leurs prédécesseurs, Kono et ses collègues ont choisi une approche plus subtile. Ils ont en quelque sorte transformé un ovule en un substitut de sperme. Pour cela, ils sont partis d'un ovocyte immature, non encore soumis à l'*imprinting*. Mais pas n'importe lequel : l'ovocyte d'une souris manipulée génétiquement pour ne pas avoir de gène H 19, et pour avoir un gène de croissance cellulaire Igf2 préalablement activé. Une acrobatie génétique de haut vol... Moyennant quoi, ils ont fusionné cet ovocyte bricolé, qui se comportait alors selon eux comme un spermatozoïde, avec un ovule normal d'une autre souris. Et c'est cela qui a permis la naissance de 8 souriceaux, à partir de 457 embryons ainsi construits. Kaguya est la seule à avoir atteint l'âge adulte.

La parthénogenèse existe chez des organismes très évolués, comme les oiseaux. Comment cela est-il possible ?

Cette expérience montre une fois de plus les extraordinaires capacités des ovocytes à reprogrammer l'expression des génomes. Pour nombre de spécialistes, c'est d'ailleurs tout l'intérêt de cette percée. Jean-Pierre Ozil de l'Institut national de recherche agronomique en France, a bien résumé en disant que l'enjeu, selon lui, « est avant tout de comprendre les mécanismes de remodelage – dits épigénétiques – des génomes, et non de mettre au point de nouvelles méthodes de reproduction lourdes, tristes et sans intérêt ».

On salue son bon sens. Mais il reste que la parthénogenèse, une fois les percées initiales accomplies, pourrait fort bien suivre l'exemple du clonage, qui est passé des végétaux aux mammifères. Et que cela pourrait alors bousculer bien des choses, tant sur le plan scientifique qu'éthique. Pour certains chercheurs, en tout cas, la voie semble toute tracée; ils préparent déjà les applications de cette méthode à d'autres espèces de mammifères. Tomohiro Kono, cité par *Nature* : « Le prochain objectif est le cochon. »

Pourquoi le dopage si peur ?

Les athlètes payent cher le prix des records. Face aux tricheurs, se scandalise-t-on pour les bonnes raisons ?

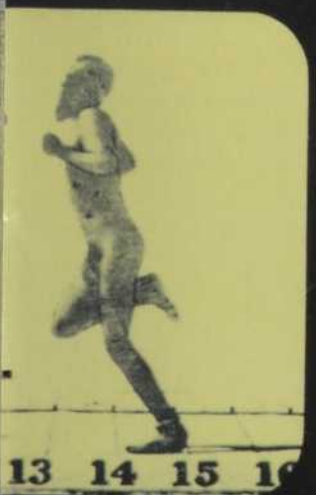
par Isabelle Cuchet

L'été dernier, Donald Catlin, directeur de l'Olympic Analytical Laboratory de Los Angeles, reçoit une seringue dans sa boîte aux lettres. Le colis est envoyé par un entraîneur anonyme. Le laboratoire analyse son contenu et découvre un produit proche de la gestrinone, substance interdite par le Comité olympique, qu'il baptise tetrahydrogestrinone (THG). En à peine huit semaines, un test est mis au point pour détecter le produit dans l'urine des athlètes. « Nous avons travaillé jour et nuit, dans le plus grand secret, avec l'objectif de prendre les sportifs en flagrant délit », raconte Donald Catlin. À la fin de l'été, une trentaine d'entre eux sont mis en cause – dont le sprinteur britannique Dwain Chambers et les lanceurs de poids des États-Unis Kevin Toth, Melissa Price et John McEwen, suspendus par leurs fédérations. Donald Catlin est satisfait, il vient de gagner une bataille dans la guerre qu'il mène contre les tricheurs.

Il ne faut pourtant pas se leurrer : il y aura encore beaucoup de sportifs dopés aux Jeux olympiques d'Athènes cet été. Pas de quoi surprendre Richard Pound, le directeur de l'Agence mondiale antidopage (AMA), dont le siège social est à Montréal : « Dans le mot "sport", il y a "tricherie" », dit-il. L'AMA rapporte que les athlètes de la Grèce antique usaient déjà de régimes spéciaux et de potions fortifiantes pour être plus efficaces. Au XIX^e siècle, la consommation



age fait-il



D'APRÈS EADWEARD MUYBRIDGE COLLECTION/KINSTON MUSEUM/SPL/PHOTO

de strychnine, de caféine, de cocaïne et d'alcool était répandue parmi les cyclistes et autres athlètes d'endurance. « Ils sont poussés à progresser sans cesse », explique Isabelle Queval, ancienne joueuse de tennis de haut niveau – elle a fait partie de l'équipe de France junior – et aujourd'hui professeure de philosophie à Paris. « Leur but étant de battre des records ou de gagner des compétitions, il est normal qu'ils se placent continuellement à la limite de la règle en utilisant de nouvelles techniques ou des produits susceptibles d'améliorer leurs performances. »

Définir ce qu'est un produit dopant a toujours été une tâche délicate. Sur le plan international, ce travail incombe aujourd'hui à l'AMA qui a notamment publié une liste de substances et techniques interdites, laquelle est entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2004. Elle repose sur trois critères : la substance ou la technique améliore les performances; elle le fait au détriment de la santé des athlètes; son utilisation va à l'encontre de l'« esprit sportif ».

« Aucun de ces arguments ne me paraît justifier véritablement la lutte antidopage », affirme Isabelle Queval. Elle n'est pas seule à penser ainsi. Avec les avancées scientifiques de ces dernières années, la limite entre simple progrès et dopage devient de plus en plus floue. Dans le même temps, la société se met à « diaboliser » les sportifs qui consomment des produits interdits. Le décalage entre nos désirs et la réalité est devenu tel que de nombreux scientifiques, sportifs ou éthiciens pensent qu'il est temps de se questionner de nouveau sur les fondements de la lutte antidopage.

Quand elle s'applique au domaine technique, l'imagination des sportifs en quête de performances est la plupart du temps saluée comme un bienfait pour la discipline entière. Après



quelques débats, beaucoup d'améliorations sont acceptées, comme chez les cyclistes, l'usage du dérailleur dans le Tour de France en 1937 ou, chez les adeptes du saut en hauteur, le passage de la perche en métal à la perche en fibre de verre au début des années 1960. Le problème devient plus difficile à résoudre lorsque ces « améliorations » touchent au corps humain. Ainsi, l'Agence de contrôle anti-dopage des États-

Unis (USADA) réfléchit actuellement sur l'aspect éthique d'une « maison d'altitude » commanditée par Nike et installée à Portland, dans l'Oregon. Cette expérience high-tech permet à une demi-douzaine de coureurs professionnels de vivre dans une maison dont l'atmosphère raréfiée se rapproche de celle que l'on

Quelques substances interdites

EPO Erythropoïétine

Produite naturellement par les reins et le foie, cette hormone stimule la production de globules rouges dans le sang, ce qui permet aux muscles de recevoir plus d'oxygène et donc aux sportifs d'augmenter la durée des entraînements et de participer à un plus grand nombre de compétitions. Les risques possibles à court terme sont les infarctus, l'hypertension, l'embolie pulmonaire, la thrombose et la mort subite.

THG Tétrahydrogestrinone

Ce stéroïde de synthèse est supposé être un anabolisant, même si aucune étude scientifique n'a encore été publiée sur le sujet. C'est un composé chimique créé à partir de la gestrinone, une substance commercialisée pour le traitement de l'endométriose, une maladie gynécologique courante. Elle a été détectée pour la première fois durant l'été 2003 et a été retrouvée dans l'urine d'une trentaine d'athlètes internationaux. Ses effets nocifs ne sont pas encore connus.

Testostérone

Naturellement fabriquée par les testicules, cette hormone est un stéroïde anabolisant qui accroît la masse musculaire. Prise en grandes quantités, elle risque de perturber les fonctions sexuelles (troubles de l'érection notamment), provoquer une virilisation chez les femmes et une atrophie des testicules chez l'homme.



En août 2003, le sprinteur britannique Dwain Chambers (ici, avec le relais) a été déclassé après que l'on eut découvert une substance illicite dans son urine, le THG. Ce qui lui a fait perdre sa médaille d'argent.

traînant à l'extérieur, au niveau de la mer. Les dirigeants de l'équipe des États-Unis espèrent ainsi augmenter les performances de leurs locataires. La méthode influe sur les capacités de l'organisme de manière non invasive. S'agit-il d'un progrès technique ou d'une forme de dopage, donc de triche ?

Il y a 30 ans, les athlètes convaincus de dopage étaient simplement exclus sans que le public ne s'émeuve pour autant. La crise entre le public et les sportifs a éclaté à la suite d'une série de scandales retentissants, comme l'affaire du sprinteur canadien Ben Johnson, vainqueur du 100 m aux Jeux olympiques de Séoul en 1988, qui a testé positif au stanozolol (un stéroïde anabolisant), ou l'affaire du Tour de France en 1998 dans laquelle une équipe entière a été disqualifiée après qu'on a retrouvé des produits interdits dans ses bagages.

« La société moderne montre désormais les tricheurs du doigt, comme s'ils avaient commis un crime », dit Isabelle Queval qui estime que « le sport symbolise aujourd'hui un havre dans une société qui perd ses valeurs de démocratie et d'équité ». La compétition est considérée comme un lieu d'égalité et de transparence. Par conséquent, un athlète ne doit pas seulement être le meilleur, mais son corps doit être sain; son esprit, fair-play. Et ses médailles doivent être la consécration d'un entraînement intense mais « naturel ». C'est le fameux « esprit sportif », censé habiter n'importe quel compétiteur. Une vision héroïque de

l'athlète qui énerve passablement Jean Boutet, ancien entraîneur de sportifs internationaux dont la nageuse Jennifer Carroll et l'athlète Pascal Caron, et aujourd'hui responsable des sports à l'école Chavigny, à Trois-Rivières : « Je suis engagé contre le dopage, mais je n'ai, pour ma part, aucun problème de moralité, affirme-t-il. Des escrocs bien pires qu'un sportif dopé se promènent en toute impunité et personne n'en entend jamais parler... Je crois malheureusement que le public a besoin de têtes de turc. Les athlètes qui se dopent sont des cibles faciles qui permettent à la société de se donner une image de propreté bien éloignée de la réalité. »

D'autant plus que le dopage ne concerne pas que les sportifs. Le marché des stimulants ne s'est jamais porté aussi bien qu'aujourd'hui. Étudiants et employés consomment régulièrement des vitamines, voire du cannabis, pour passer leurs examens ou pour éviter un *burn out*, avec la bénédiction de leurs parents ou de leurs patrons. Dans une moindre mesure, céréales fortifiantes, lait enrichi, aliments diététiques ou « alicaments » font partie des consommations quotidiennes qui nous aident à garder la forme et nous autorisent des cadences de vie infernales. « La quête de la performance est devenue celle de tout un chacun, estime Isabelle Queval.

Il n'en reste pas moins que les substances que nous ingurgitons pour être plus efficaces ne sont pas censées nuire à notre santé. Celles qu'utilisent les sportifs sont loin d'être aussi inoffensives. La liste des effets secondaires provoqués par les produits dopants est longue : infarctus, hypertension, embolie pulmonaire, thrombose, voire mort subite pour l'érythropoïétine (EPO), déformation des os, diabète, troubles thyroïdiens pour l'hormone de croissance, troubles de l'érection, virilisation des femmes, atrophie des testicules chez l'homme pour les différents anabolisants.

La plupart des substances inscrites sur la liste de l'AMA ont commencé leur carrière comme produits pharmaceutiques. L'EPO a d'abord été prescrite

trouve à 4 000 m d'altitude. Des recherches ont en effet établi que le sommeil en haute altitude stimule la production de globules rouges qui stockent l'oxygène dans le sang et permettent au sportif de s'entraîner plus longtemps. Les athlètes de la maison d'altitude, dont le marathonien Dan Browne, présent aux jeux d'Athènes cet été, dorment tous les soirs dans leur villa tout en s'en-

Nandrolone

La nandrolone est un dérivé de la testostérone qui possède des vertus fortement anabolisantes. Tout comme la testostérone, la consommation par un non-sportif n'est pas punissable, mais elle est interdite par le code de l'AMA. En médecine, la substance est utilisée pour traiter les problèmes de contraception, d'insuffisance testiculaire et pour traiter certains cas de dénutritions sévères, et d'anémie. Prise en trop grandes quantités, elle peut développer l'agressivité et l'impuissance, conduire à la stérilité, provoquer l'hypertension, le cancer de la prostate chez les hommes et une certaine virilisation chez les femmes.

HGH Hormones de croissance

Cette substance produite naturellement par la glande pituitaire du cerveau contrôle le développement des muscles ainsi que des os et réduit la quantité de graisse circulant dans le corps. Utilisée dans le domaine médical pour les retards de croissance, elle peut conduire à une déformation des os, au diabète, à des troubles thyroïdiens et à la maladie de Creutzfeldt-Jakob.

pour prévenir l'anémie chez les personnes dialysées. La gestrinone, qui a servi de modèle dans la fabrication de la THG, est une substance commercialisée pour le traitement de l'endométriose, une maladie gynécologique assez répandue. « Nous avons même retrouvé en 2002 de la norbolethone dans l'urine d'une sportive (la cycliste Tammy Thomas, suspendue à vie aux États-Unis) », raconte Donald Catlin. Ce stéroïde de synthèse avait été créé en 1966 en vue de fournir un traitement potentiel contre les retards de croissance. Il a été testé cliniquement entre les années 1967 et 1971, puis les essais ont été interrompus à cause de sa toxicité. Plus personne n'en a entendu parler pendant les 30 années qui ont suivi, jusqu'à sa redécouverte il y

a deux ans dans l'urine de la coureuse.

Même un traitement considéré comme sans danger pour les patients atteints de pathologies précises peut s'avérer nocif lorsqu'il est administré à des personnes en bonne santé. Par exemple, lorsqu'un athlète reçoit des doses régulières de testostérone, ses testicules « oublient » rapidement d'en produire. « Toute fonction inutilisée d'un organisme s'amenuise, aux risques et périls de la personne », souligne Jean Boutet. Parfois, un déséquilibre hormonal engendré chez un sportif est irréversible.

Quand la substance ou la technique dopante est délétère, il semble parfaitement logique de l'interdire. C'est d'ailleurs la raison qu'a avancé Jésus Manzano,

coureur cycliste espagnol, quand il a dénoncé au printemps dernier les pratiques dopantes dans son équipe, avouant ainsi au quotidien français *Le Monde*: « J'ai décidé de parler, car j'ai trop souvent eu peur pour ma vie », en référence aux cures d'EPO et d'hormones de croissance, ainsi qu'aux multiples transfusions sanguines qui, selon lui, avaient régulièrement cours dans son équipe.

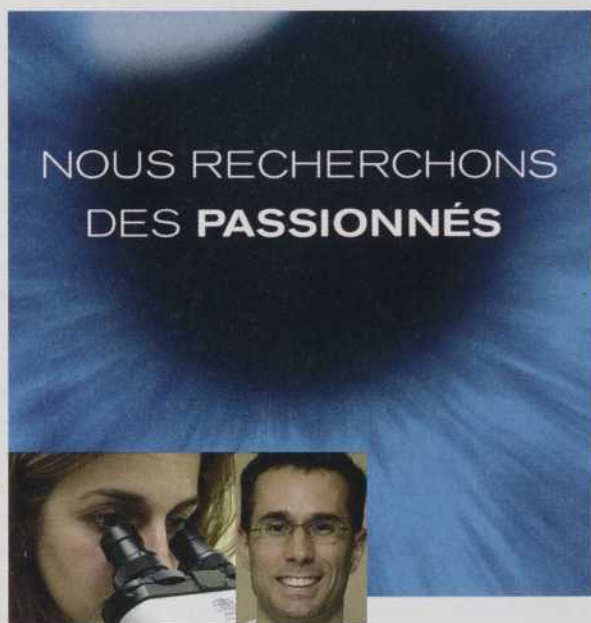
Pourtant l'argument de la protection de la santé des sportifs ne convainc pas tout le monde. « Invoquer la santé des athlètes pour justifier la lutte antidopage est assez hypocrite, avance Isabelle Queval. Car dans ce cas, il faudrait interdire le sport de haut niveau en général. » Les athlètes savent bien en effet que le sport à haute dose est dangereux en lui-même parce qu'il exige trop de l'organisme. « La précocité dans certains sports, où l'on recrute des jeunes très tôt

pour les entraîner cinq à huit heures par jour, nuit au développement des enfants, souligne l'ancienne sportive. Chez les adultes, les athlètes sont sans cesse à la limite de la blessure au moment d'aborder les compétitions. » Quant à certains sports extrêmes comme la formule 1 ou l'escalade, qui poussent les sportifs à risquer leur vie tous les jours, peu de gens songent aujourd'hui à les interdire.

Avec les progrès de la génétique, la guerre des « justes » contre les « tricheurs » risque d'être encore plus délicate à arbitrer. Les médecins du sport savent bien que les fibres musculaires courtes favorisent les sprinteurs, tandis que les fibres longues font de meilleurs coureurs de fond. Quand les généticiens auront identifié les gènes producteurs de chaque type de fibres, un simple test ADN permettra de déterminer le potentiel génétique de tout enfant désireux de devenir un grand coureur. Chacun pourra alors être dirigé vers le sport qui lui est « naturellement » dévolu. Et le beau concept d'équité sportive risque de faire long feu lorsqu'on découvrira, sur une même ligne de départ, des sportifs parfaitement inégaux génétiquement parlant.

L'apparition sans doute prochaine du dopage génétique, une technique à l'étude qui attire déjà sur elle tous les projecteurs (voir « Planète ADN », dans *Québec Science* de juin 2004), sème déjà la confusion parmi les scientifiques et les législateurs. Cette forme de dopage, déjà incluse dans la liste interdite de l'AMA, consiste à insérer certains gènes à fort potentiel dopant chez les athlètes de façon à améliorer leurs performances. La séquence d'ADN est installée au moyen d'un vecteur, la plupart du temps un virus désactivé, dans un tissu déjà bien développé (par exemple un muscle). Le gène est accueilli par les cellules de la zone qui se mettent à suivre ses instructions. On imagine facilement l'intérêt pour un sportif de se faire insérer un gène producteur d'EPO, hormone qui augmente la production de globules rouges et donc la résistance des sportifs. De même, un sprinteur pourrait se faire introduire un gène favorisant la croissance de fibres musculaires courtes tandis qu'un marathonien optera pour un autre codant pour des fibres longues. « Dans ces conditions, le dopage ne consistera plus en la prise de substances qui améliorent les performances, mais plutôt en l'insertion dans le corps humain de véritables usines à fabriquer ces substances », souligne Olivier Rabin, directeur scientifique de l'AMA.

Quelques chercheurs ont déjà publié des



Les sciences biomédicales vous captivent ?
Nous aussi.

L'IRCM offre à des étudiants talentueux l'occasion de poursuivre leurs études à la maîtrise, au doctorat ou de compléter un stage postdoctoral dans un environnement stimulant et performant.

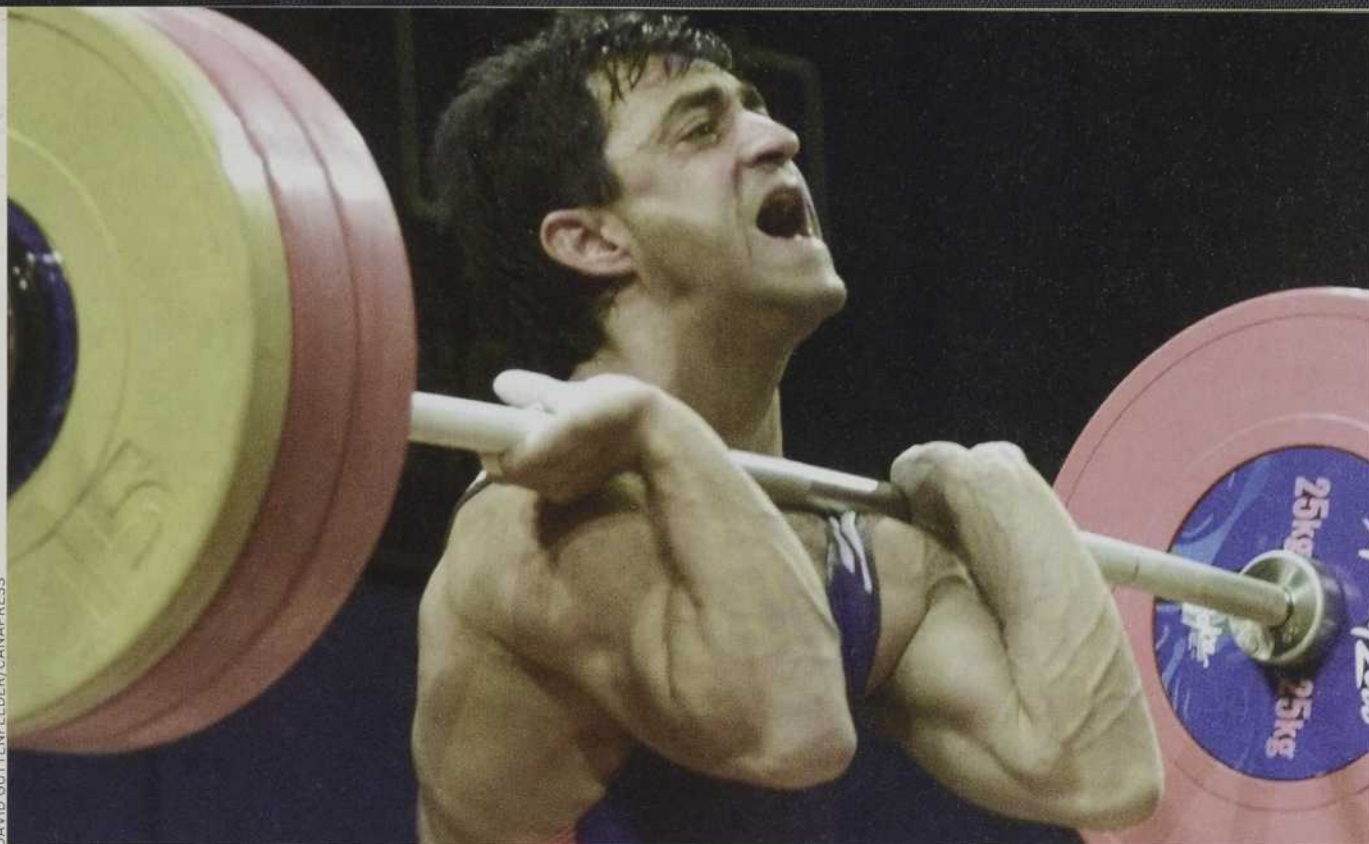
Nos chercheurs se distinguent dans plusieurs disciplines telles que la médecine moléculaire et la génomique.

Les possibilités de financement sont excellentes. Nous offrons plusieurs bourses internes dont celles des Instituts de recherche en santé du Canada destinées aux étudiants dans les domaines liés au cancer.

L'IRCM, un des meilleurs établissements au pays, connaît une croissance importante qui lui permettra de doubler son activité de recherche au cours des prochaines années. Participez à cet essor et renseignez-vous aujourd'hui au sujet de la formation offerte à l'IRCM.

www.ircm.qc.ca
admission@ircm.qc.ca
(514) 987-5527

IRCM
Institut de recherche en santé de Montréal



DAVID GITTENFELDER/CANAPRESS

Les athlètes savent que le sport à haute dose est dangereux parce qu'il exige trop de l'organisme. Plusieurs font pourtant tout pour augmenter leur masse musculaire, et donc leur puissance.

études concluantes sur le sujet. En mars dernier, Lee Sweeney, de l'université de Pennsylvanie, a ainsi rapporté avoir manipulé génétiquement des souris, leur distribuant un gène codant pour l'IGF1, un facteur de croissance qui stimule la reconstruction musculaire. Il a ensuite soumis certaines de ces souris à un entraînement sportif : elles devaient grimper à une échelle avec des poids attachés dans le dos. Après huit semaines d'entraînement, ces cobayes ont montré une augmentation de 30 % de la puissance de leurs muscles par rapport à d'autres souris simplement entraînées. Mieux encore : cette augmentation de leur masse musculaire est restée intacte après que les souris ont cessé leur entraînement. Lee Sweeney voit dans cette technique un remède possible pour les personnes atteintes de dystrophie musculaire chronique, qui souffrent de perte musculaire anormale. Sa thérapie génique pourrait même servir de fontaine de jouvence aux personnes ayant dépassé la quarantaine : « Nous perdons inexorablement nos muscles à partir de 40 ans et un entraînement intensif n'y change rien, dit-il. Grâce à cette technique de transfert de gène, les personnes d'âge mûr qui le désireront poursuivront leurs activités physiques longtemps après avoir atteint leurs limites naturelles. » Le physiologiste compte poursuivre ses essais sur des chiens atteints de dystrophie mus-

culaire cette année. Les essais sur l'homme pourraient débuter dès 2005.

Bien sûr, il existe un monde entre des tests sur des souris et l'approbation par les autorités médicales d'un véritable traitement thérapeutique pour l'être humain. D'autant plus que les dernières années ont livré d'assez mauvaises nouvelles dans le domaine de la thérapie génique : « Il y a d'abord eu la mort en 1999 de Jesse Gelsinger, engagé dans un essai clinique à l'université de Pennsylvanie pour une maladie rare affectant son foie, et plus récemment l'apparition en France de plusieurs cas de leucémie chez des "enfants bulles" traités par la même technique », rappelle Olivier Rabin. Si bien que tous les pays ou presque ont pour l'instant interrompu leurs essais sur l'homme. Mais cette priorité accordée à la sécurité du patient, attendue de la part des autorités médicales, n'est pas forcément celle du monde sportif. L'affaire de la THG l'atteste : « Un produit nouveau est passé directement de la pipette d'un chimiste au corps de plusieurs athlètes sans qu'aucune étude médicale, aucun essai clinique n'ait jamais été réalisé, souligne le directeur scientifique de l'AMA. C'est la preuve que certains ne s'embarassent pas de travaux démontrant l'innocuité des substances dopantes avant de les administrer à un être humain. » Lee

Sweeney avoue même avoir déjà été sollicité par un entraîneur de football pour qu'il modifie génétiquement ses joueurs trop peu performants à son goût.

Si, comme ils l'espèrent, les chercheurs parviennent un jour à maîtriser assez bien la technique du transfert de gènes pour la rendre inoffensive, il deviendra très délicat d'interdire aux sportifs de l'utiliser. Les travaux de Lee Sweeney sont porteurs de bien des promesses, notamment celle d'une nouvelle jeunesse accordée aux personnes âgées qui recouvreront leur musculature d'antan en une seule injection dans le bras ou la cuisse. Le biologiste est conscient que ses travaux vont soulever de nouvelles questions : « Que décidera la société face aux désirs des personnes d'un certain âge de s'injecter le gène de la "musculature retrouvée" ? Voudra-t-on instaurer une limite d'âge à atteindre avant d'être autorisé à utiliser la technique pour éviter que les sportifs y aient recours ? » Ou encore, devra-t-on, au nom de l'équité sportive, exclure de la compétition un jeune qui a hérité de ses parents un gène artificiel à fort pouvoir dopant, et ce, pour autant que l'on trouve le moyen de l'identifier entre tous nos gènes naturels ? 

Pour en savoir plus

QUEVAL, Isabelle. *S'accomplir ou se dépasser. Essai sur le sport contemporain*, Édition Gallimard, 2004.

Les guerriers de l'été

Les guêpes sont si redoutables que l'armée des États-Unis songe à les enrôler.

par Marie-Pier Elie

Selon une légende slave, Dieu a créé l'abeille. En voulant l'imiter, le diable a créé la guêpe. Satan aurait peut-être dû y penser à deux fois : vers la fin de l'été, sa bourdonnante créature nous ôte la tentation d'aller paresser sur les terrasses. Pas question non plus de céder au péché de gourmandise en plein air sans avoir perfectionné son revers afin d'éloigner ces indésirables qui convoitent notre crème glacée. À moins qu'on ne soit de ceux qui, saisis de panique à la vue de la bête noir et jaune, hurlent et gesticulent lorsqu'elle vole dans les parages.

Mais si on effarouche une guêpe alors qu'elle joue les pique-assiette, gare au dard ! « Contrairement à l'abeille, la guêpe peut piquer à maintes reprises, car son aiguillon dépourvu de barbillons est très lisse et ne reste pas fiché dans la peau », ex-

plique Lorraine Savoie, entomologiste à l'Insectarium de Montréal. Alors que la valeureuse abeille paie de sa vie l'unique piqûre qu'elle inflige, laissant son dard – et une partie de ses viscères – dans la peau de son ennemi, la guêpe, elle, peut s'acharner une dizaine de fois en une seule minute sur la même victime.

Même pas moyen de l'écraser pour avoir la paix. En expirant, la malheureuse déploiera son arme de dernier recours... « Si une guêpe est écrasée et laisse une traînée, elle relâche automatiquement une phéromone contenue dans son venin, qui agit comme un signal d'alarme appelant les autres guêpes aux représailles », explique Justin O. Schmidt, du Southwestern Biological Institute à Tucson, en Arizona. Et les représailles de ces venimeuses vengeresses, il connaît. C'est même LE spécialiste mondial en la matière. En les observant de (parfois trop) près, des jungles du Costa Rica au désert de l'Arizona, il a reçu des cen-

taines de piqûres, infligées par les représentantes de dizaines d'espèces de guêpes. Mais il n'en veut pas le moins du monde à ses tortionnaires. « Chaque piqûre est associée à une expérience mémorable et excitante, ce qui est loin d'être le cas pour d'autres formes de douleur, comme celle qu'on ressent en se frappant le pouce avec un marteau ou en endurant un patron désagréable, chaque jour, au boulot. »

Après avoir expérimenté le courroux des banales *Vespula germanica* qui prolifèrent dans nos poubelles, comme celui des terrifiantes guêpes du genre *Pepsis*, capables de paralyser des tarentules grosses comme une main, le biologiste a élaboré le « Justin O. Schmidt Sting Pain Index », répertoriant guêpes, abeilles et fourmis. Sur une échelle de 1 à 4, nos guêpes de ville obtiennent un 2. « Un résultat très moyen, comparable à celui des abeilles », dit celui qu'on soupçonne avoir autant de venin que de sang dans les veines.

Piqué par une guêpe ? Une micro-dose de son venin sur votre système nerveux et

res

em
et

suffit à provoquer un branle-bas de combat dans tout
létraquer vos fonctions immunitaires.

Pour les non-initiés, la sensation est surprenante et rappelle la brûlure persistante d'une allumette combinée à un pincement soutenu. Pourtant, la quantité de venin injectée lors d'une piqûre est infime : 75 à 150 microgrammes. « Il faudrait 50 000 guêpes pour produire une seule cuillerée à thé de venin », précise Justin O. Schmidt. Une micro-dose est néanmoins amplement suffisante pour provoquer un branle-bas de combat dans tout le système nerveux et détraquer les fonctions immunitaires de celui qui la reçoit.

Après avoir pénétré la membrane censée protéger les cellules de la victime, des substances que Justin O. Schmidt appelle les « ouch factors » passent à l'offensive. Si leurs assauts visent un globule rouge, l'hémoglobine qu'il renferme se répand, jusqu'à dissolution complète de la cellule. Une cellule nerveuse résistera quant à elle aux agresseurs suffisamment longtemps pour envoyer un message complexe au cerveau, dont la traduction n'a pourtant rien de bien sophistiqué : « Aïe ! »

Comme si ce n'était pas suffisant, le venin a la propriété d'interrompre l'afflux sanguin autour de la région touchée, afin d'y rester en concentration aussi élevée que possible. Voilà pourquoi la peau devient blanche autour de la piqûre. Pendant ce temps, d'autres substances recourent à de perfides stratégies pour étendre la douleur en incitant les « ouch factors » à élargir leur champ d'action. Pas étonnant que certaines mouches parfaitement inoffensives, telle l'éristale, empruntent le costume bariolé des guêpes pour intimider les éventuels prédateurs.

Là ne s'arrêtent d'ailleurs pas les dommages pour celui ou celle qui a osé défier la guêpe. À même son venin, elle dispose d'une arme chimique impressionnante, le MCDP (pour Mast Cell Degranulating Peptide). Comme son nom l'indique, le MCDP cible uniquement les mastocytes,

des cellules défensives que renferme notre peau. Ainsi titillés, banzaï! Les mastocytes explosent comme des bombes et libèrent de l'histamine dans le but d'assurer la défense de l'organisme contre l'envahisseur. Les vaisseaux sanguins se dilatent pour devenir de larges autoroutes qui permettront l'arrivée massive de macrophages et autres soldats de l'armée immunitaire humaine sur le champ de bataille. Mais cette réaction défensive instantanée, censée nous protéger, devient un réel problème pour les gens qui sont allergiques aux piqûres de guêpes. La défense vire alors à l'autodestruction : un arsenal beaucoup plus imposant que nécessaire est déployé. Enflure démesurée, spasmes et tension artérielle en chute libre peuvent dégénérer en choc anaphylactique et entraîner la mort en moins d'une heure.

Diabolique, la petite ? Que dire alors de ses cousines appartenant au vaste clan des guêpes parasitoïdes ? Dépourvues de dard, ces dernières sont incapables de piquer et on peut les manipuler comme des papillons. Pourtant, Charles Darwin a déjà écrit qu'il ne pouvait imaginer qu'un Dieu bien-faisant et tout-puissant aurait volontairement créé de tels insectes.

En observant une guêpe parasitoïde d'un peu plus près, on comprend pourquoi.

Volant d'arbre en arbre, *Megarhyssa atrata* aux allures d'oiseau mouche se pose sur un tronc et reste immobile. C'est la plus grosse guêpe du monde (son corps peut mesurer 6 cm). On la trouve facilement dans plusieurs forêts du Québec. En s'approchant, on peut voir la créature tâter longuement l'écorce à l'aide de ses antennes. Parfaitement zen, elle y insère lentement son ovipositeur. Ce long fil de plus de 12 cm lui permettra de pondre. Rien de bien effrayant jusqu'à maintenant. Mais, contrairement aux apparences, madame *Megarhyssa* ne dépose pas son œuf dans l'arbre. La longue palpation précédant l'insertion de l'ovipositeur visait à détecter les vibrations que produisent des larves de mouche à scie situées dans le tronc, à 12 cm

Ode à la guêpe

Les guêpes participent à la pollinisation en butinant le nectar des fleurs; elles sont les prédatrices de nombreux insectes nuisibles et figurent elles-mêmes au menu de plusieurs mammifères, amphibiens et oiseaux.

Indispensables, ces enqueteuses ? Surtout admirables, aux yeux de Justin O. Schmidt.

« Avez-vous déjà observé une guêpe voltiger au-dessus des feuilles, à la recherche de chenilles, s'engager dans des combats aériens avec les rivaux qui s'aventurent sur son territoire, ou atterrir en douceur, comme un hélicoptère, à la surface d'une piscine pour s'y abreuver ? »

Tant de beauté et de grâce innée ne peuvent qu'enrichir nos vies... »



Le nid de *Dolichovespula arenaria* : une merveille architecturale

RENÉ LIMOGES/INSECTARIUM DE MONTRÉAL

Patience ! Bientôt, nos démons connaîtront toutes le même sort : une mort fulgurante. À l'exception de quelques jeunes reines qui se trouveront un abri pour survivre aux rigueurs de l'hiver et fonder une nouvelle colonie, le prin-

Un été

temps prochain. Mais les ouvrières qui nous em- bêtent quotidiennement n'en ont plus pour bien longtemps.

Pendant qu'elles se tuent à l'ouvrage pour prendre soin des jeunes larves, trouver de quoi les nourrir, agrandir le nid et le défendre contre les ennemis, leur génitrice, la reine, se la coule douce dans le guépier et se consacre à son unique tâche : pondre. Mais il n'en a pas toujours été ainsi. Au printemps dernier, émergeant de son long sommeil hivernal, sa majesté avait du pain sur la planche. D'abord, trouver l'emplacement idéal pour son futur château. Le nid de la guêpe germanique (*Vespula germanica*) sera préférentiellement souterrain. L'idéal ? Un terrier de rongeur abandonné, que ses futurs descendants pourront agrandir à loisir. La guêpe poliste (*Polistes fuscatus*) optera plutôt pour un modeste nid aérien où évolueront 15 à 200 sujets, tandis que *Dolichovespula arenaria*, mieux connue sous le nom de guêpe jaune, se bâtira un immense complexe résidentiel pouvant atteindre la taille d'un ballon de basket-ball. Fixé à un arbre, un porche ou une gouttière, cette merveille d'architecture abritera jusqu'à 5 000 ouvrières. Dix épaisseurs de papier pourront être nécessaires à sa construction.

Du papier dont les guêpes maîtrisent parfaitement la fabrication, tant qu'elles ont des fibres de bois à portée de mandibules. Les écorces d'arbre, les poteaux de téléphone et les piquets de clôture donneront un banal papier gris, le plus courant, tandis que le bois traité le colore d'une teinte verdâtre et que des petits morceaux de clôture à neige se métamorphosent en jolis nids qui tirent sur le rouge. Il existe même des nids multicolores, lorsque les

(suite à la page 26)

sources d'approvisionnement en fibres de bois abondent. La guêpe arrache ces fibres, puis les mastique longuement en les mélangeant avec sa salive. Un savoir-faire unique, qui a intéressé Réaumur dès le début du XVIII^e siècle : pourquoi ne pas s'inspirer des guêpes pour fabriquer du papier? Une idée qui n'a été concrétisée qu'un siècle plus tard. « Mais le papier de la guêpe surpasse largement le nôtre : en séchant, il acquiert des propriétés isolantes et permet même au nid de résister à l'eau », précise Lorraine Savoie.

Encore faut-il le construire, ce nid. Petit problème : au printemps, il n'y a pas de personnel disponible. La reine doit elle-même mettre au monde ses futurs ouvriers. Ou plutôt ouvrières, puisqu'il s'agit tout d'abord uniquement de femelles. D'ici là, pas le choix : elle entreprend les travaux toute seule. Lorsqu'elle a construit quelques alvéoles hexago-

elle part tout où elle va.

« Dès que le spermatozoïde féconde l'œuf, celui-ci produit automatiquement un bébé de sexe féminin », explique Lorraine Savoie. La guêpe maîtrise donc la technologie pour laquelle certaines cliniques de fertilité demandent des milliers de dollars : choisir le sexe de ses rejetons. Mais elle ne décide pas au gré de ses humeurs : en début de saison, seules des femelles voient le jour. Les mâles, grands fainéants utilisés à des fins strictement sexuelles, ne s'ajoutent à la colonie qu'en fin de saison, histoire d'assurer la production de nouvelles femelles, l'année suivante. Pour engendrer ces pourvoyeurs de sperme, la reine ferme simplement la porte de sa spermathèque et pond des œufs non fécondés. Résultat? Les petits mâles qu'ils abritent sont haploïdes, c'est-à-dire qu'ils ne possèdent que la moitié des chromosomes de leurs sœurs.

en découpant elles-mêmes une ouverture dans leur cocon, à la manière d'un ouvre-boîte. La colonie en est à ses premiers balbutiements, mais déjà, la règle est immuable : au travail!

C'est maintenant leur tour de prendre leur envol pour trouver de quoi nourrir les petites sœurs que maman a déjà commencé à pondre. Si la proie est trop grosse pour être ramenée au nid dans son intégrité, la guêpe la décapite sans autre forme de procès, l'ampute de son abdomen et s'empare tout bonnement du thorax. Plus musclé, ce dernier est plus riche en protéines. Et pas question de balancer aux larves leur repas vite fait : les ouvrières doivent réduire en bouillie les insectes qui figurent au menu, en utilisant leur bouche en guise de broyeur et mélangeur, puis en formant de petites boulettes. Contrairement à ce qu'on pourrait croire, cette bienveillance ne rime pas qu'avec dévouement et abnégation. L'ouvrière y trouve également son compte, car elle est accro à une petite gâterie que seule les larves peuvent lui fournir : des gouttes de salive! Quand elle s'approche de la larve afin de la nourrir, la guêpe lui frappe légèrement la tête à l'aide de ses antennes. Un rituel qui fait saliver la larve avant chaque repas, permettant à la guêpe adulte de se délecter de cette bave légèrement sucrée. Cet étrange comportement porte un nom : trophallaxie, et on le retrouve chez tous les insectes sociaux.

Un chercheur a même trouvé moyen de transformer la salive de bébés guêpes en dollars. Ou plutôt en yens. Takashi Abe, du laboratoire de toxicologie des insectes de l'Institut de recherches en physique et chimie de Saitama, au Japon, s'est longuement intéressé à la trophallaxie chez *Vespa mandarinia*, une immense guêpe de 4,5 cm de long, aussi appelée frelon. Selon lui, la salive des larves permet à la guêpe de parcourir d'impressionnantes distances : plus de 80 km en une seule journée — tout un exploit pour un insecte de si petite taille! De là à conclure qu'en se gavant d'un cocktail constitué de 17 acides aminés qu'on retrouve dans cette salive les athlètes pourraient améliorer leur performance, il n'y avait qu'un pas... allègrement franchi par le professeur Abe qui a publié quelques recherches sur le sujet, et qui prétend que cette lucrative salive maintenant commercialisée sous le nom de VAAM, augmente l'endurance de souris de laboratoire. La médaillée d'or du marathon aux Jeux olympiques de Sydney, Naoko Takahashi, a même attribué sa victoire à cette potion, qu'elle ingurgiterait régulièrement...

Bien qu'elles puissent s'abreuver de cette prodigieuse salive durant tout l'été, l'endurance des guêpes a ses limites. La reine pond maintenant des mâles et quelques futures reines qui mènent une vie de pacha. Pas question de se nourrir eux-mêmes, et surtout pas de participer aux travaux quotidiens! Grands flancs-mous et aspirantes altesses accaparent les ouvrières déjà débordées. Les nouvelles-nées sont délaissées, la proportion d'ouvrières diminue, ce qui mène à la désorganisation et au chaos.

téchez les guêpes



ANDRÉ PAYETTE/INSECTARIUM DE MONTRÉAL

Les guêpes du genre *Vespa* aiment le sucre et raffolent du nectar des fleurs. Ce qui ne nuit aucunement à leur taille de guêpe.

nales, une forme qui permet de maximiser l'espace disponible en utilisant un minimum de matière, elle commence à pondre. Un œuf par alvéole. Aucun mâle à l'horizon pour assurer la fécondation de ses œufs. Mais c'est bien le dernier de ses soucis : prévoyante, la reine a emmagasiné depuis longtemps les précieux spermatozoïdes nécessaires. Lors de son vol nuptial, à la fin de l'été précédent, un prétendant lui a fait don de sa semence, qu'elle a sagement entreposée dans sa spermathèque. Drôlement pratique, ce petit sac situé sous les ovaires! En un seul accouplement, la reine y accumule suffisamment de spermatozoïdes pour assurer sa descendance. Elle les trimballe ensuite avec

Au bout de quelques jours, les larves sortent de l'œuf et restent coincées dans leur alvéole, tête en bas. La reine doit s'occuper sans relâche de ces affamées. Le mot « monoparentale » prend ici tout son sens. La future souveraine est seule pour nourrir ces bouches béantes. Mais cette dévotion sera bientôt récompensée et ces bons soins lui seront remis au centuple. Après environ deux semaines, le farniente larvaire tire à sa fin. Les mômes tissent un dôme de soie blanche au-dessus de leur tête avant d'amorcer leur métamorphose. Devenues nymphes, elles empruntent brièvement l'apparence d'une momie. Puis, elles testent l'efficacité de leurs mandibules pour la première fois



Megarhyssa atrata insère son ovipositeur à travers l'écorce d'un arbre. Ce long fil de plus de 12 cm lui permettra de pondre dans des larves qui se trouvent à l'intérieur du tronc.

RENÉ LIMOGES/INSECTARIUM DE MTL

de profondeur. On devine la suite. Si l'ovipositeur a pu transpercer une telle épaisseur de bois, il n'a aucun mal à pénétrer la chair de la pauvre larve transformée à son insu en garde-manger ambulant. Après son éclosion, bébé *Megarhyssa* dévorera lentement la larve de l'intérieur.

« Les concepteurs du film *Alien* se sont inspirés de ces insectes et ont essayé d'imaginer à quoi ressembleraient des parasitoïdes de l'humain », explique Guy Boivin. Au Centre de recherche et de développement en horticulture, l'entomologiste tente de comprendre ces fascinantes guêpes parasitoïdes qui pourraient s'avérer fort utiles pour la lutte biologique. Une solution beaucoup plus intéressante que les pesticides. Qu'il s'agisse de la géante *Megarhyssa atrata* ou de la minuscule *Anaphes victus* (à peine 0,5 mm) qui pond dans les œufs du charançon de la carotte, les parasitoïdes ont une chose en commun : ils finissent par tuer leur hôte, contrairement aux simples parasites qui l'affaiblissent sans nécessairement l'achever.

« Fort heureusement, il n'existe aucun parasitoïde de l'être humain », nous rassure Guy Boivin. Notre système immunitaire s'est suffisamment perfectionné au cours de l'évolution pour nous empêcher de connaître le sort d'une larve de mouche à scie. L'intrus serait rapidement détruit avant de pouvoir s'empiffrer de notre chair. C'est ce qui devrait logiquement arriver chez les victimes des guêpes parasitoïdes. « Malheureusement pour elles, leur système im-

munitaire est bien primitif par rapport au nôtre, et les guêpes ont développé d'incroyables stratégies pour le déjouer », explique Guy Boivin.

Certains guêpes parasitoïdes sont des professionnelles du camouflage. Elles pondent leurs œufs dans les ganglions de leurs victimes. Puisque ces ganglions ne sont pas irrigués par l'hémolymphe – l'équivalent du sang humain – dans laquelle flottent les cellules assurant la défense de l'insecte contre les intrus, la larve de guêpe s'y développe incognito. Autre tactique de camouflage : la guêpe joue les faussaires et pond des œufs dont la surface extérieure imite à la perfection les cellules de l'organisme hôte. Là encore, le système immunitaire est berné ; et son propriétaire, condamné.

La guêpe parasitoïde peut également avoir recours à des méthodes plus offensives. Elle injecte en même temps que l'œuf un venin qui détruit les sentinelles assurant la défense du territoire. Mais une technique beaucoup plus sophistiquée, dont la simple évocation fait pétiller le regard de Guy Boivin, est utilisée par deux groupes de guêpes parasitoïdes : ichneumonidés et brachonidés. Ces guêpes agissent en partenariat avec des virus pour parvenir à leurs fins, explique l'entomologiste : « Avec leurs œufs, elles injectent aussi un lubrifiant dans lequel baignent des particules virales qui s'intègrent au génome de l'hôte, au point de prendre les commandes et d'en-

gendrer la production de protéines et d'acides aminés que l'insecte parasité ne produirait jamais normalement. » En insérant ainsi de nouvelles sections d'ADN dans leurs victimes, ces guêpes fabriquent ni plus ni moins des OGM ! « Et elles n'ont rien à envier à nos meilleurs spécialistes des biotechnologies », souligne Guy Boivin.

Tout ce qu'une chenille peut faire pour éviter de se faire tripoter ainsi les gènes, c'est se cacher sous des feuilles en espérant passer inaperçue. Mais c'est peine perdue : ses déjections la trahiront. Débordantes de kairomones, des messagers chimiques qu'on retrouve aussi dans les sécrétions buccales de la chenille, elles alerteront la première guêpe qui passera à proximité. Car les guêpes ont décidément tout pour elles, y compris un odorat exceptionnel qui siège dans leurs antennes. « La guêpe sent par les antennes et goûte par les pieds », précise Guy Boivin. Les kairomones agissent donc à courte distance pour trahir la chenille dont elles sont issues. Sur de plus longues distances, ce sont des végétaux qui constituent les meilleurs alliés de la guêpe en quête de chair fraîche. « Quand elles sont attaquées par une chenille, certaines plantes émettent un cri de détresse sous la forme d'un composé volatil que les guêpes ont appris à reconnaître pour localiser leur victime », explique Guy Boivin, persuadé qu'on pourrait exploiter cette particularité pour mieux lutter contre les invasions de chenilles.

L'armée des États-Unis, elle, souhaite carrément recruter certaines guêpes parasitoïdes et mettre à profit leur odorat hors du commun pour sonner l'alerte en cas d'attaque chimique. Le dispositif élaboré par Glen Rains, de l'université de Georgie, prélève des échantillons d'air qu'il soumet aux antennes de toutes petites guêpes. Ces *Microplitis croceipes* ont auparavant été entraînées à détecter divers explosifs, de même que des substances neurotoxiques – on les exposait simplement à l'odeur ciblée en leur donnant simultanément accès à un bol d'eau sucrée. Emprisonnées à l'intérieur de l'appareil et conditionnées à rechercher certaines odeurs précises, les guêpes plongent dans un tuyau dès qu'elles y sont exposées à nouveau. Elles traversent alors un rayon de lumière qui balaie le tuyau en permanence et déclenchent ainsi une alarme.

À quand la conscription pour toutes ces emmerdeuses qui flânent sur nos terrasses ?

Pour en savoir **plus**

Insectarium de Montréal
www2.ville.montreal.qc.ca/insectarium/insect.htm



Benoît Bouthillier, pomiculteur à Rougemont, aurait bien voulu se passer des pesticides qui ont mauvaise presse. Mais il doit effectuer un épandage minimal pour s'assurer d'une récolte. Il lui faudra attendre encore un peu pour voir se réaliser le rêve bio dans son verger.

Le casse-tête de la pomme «**bio**»

Les pomiculteurs du Québec ont bien du mal à se mettre au vert.

par Mathieu-Robert Sauvé

Au petit matin, en ouvrant l'œil, Jollin Charest a jeté un regard par la fenêtre de sa maison de Marieville. Mauvaise nouvelle pour les pomiculteurs : ce jour-là, de lourds nuages gris annoncent encore de la pluie.

L'agronome du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec file sur les petites routes de la Montérégie jusqu'au verger Cournoyer, de Rougemont, où se trouvent ses arbres témoins. Il y prélève une dizaine de capteurs

de spores qui l'aident à détecter la présence de l'ennemi numéro un du pomiculteur : *Venturia inaequalis* ou « tavelure du pommier ». Puis il se rend à son bureau de Saint-Hyacinthe où il place les échantillons sous le microscope afin de voir si les cellules reproductrices, allongées et verdâtres, mesurant 8 microns sur 15, sont plus nombreuses que la veille. À moins de 200 spores par lamelle, il ne s'en fait pas trop. À 4 000, il faut lancer les mesures d'urgence.

Vers 10 h, le pomologiste envoie par Internet ses recommandations, et celles de ses

collègues, aux 300 producteurs du territoire. On peut y lire que Rougemont a connu ce jour-là une infection légère avec 8 mm de précipitations, mais que Sainte-Cécile et Saint-Hilaire s'en sont mieux tirées. « Les vergers dont le dernier traitement fongicide remonte à mardi sont encore couverts puisqu'il n'est pas tombé beaucoup d'eau et que la température fraîche n'a pas permis une croissance suffisante du feuillage pour justifier un autre traitement. »

Jusqu'à deux avertissements quotidiens, sept jours par semaine, sont ainsi rédigés par le spécialiste. Évidemment, les producteurs ne sont pas tenus de suivre ses recommandations. Mais la plupart en tiennent compte car Jollin Charest connaît bien son métier. À l'Université McGill, l'agronome a déposé il y a quelques années une maîtrise sur le champignon parasitaire (voir l'encadré *Des spores dans le vent*). Il sait que la lutte à la tavelure n'aura jamais de fin. Mais il estime possible de trouver un bon équilibre entre l'arrosage de pesticides et le développement durable. « Il est bien fini, le temps où on aspergeait les vergers avec du DDT et de l'arséniate de plomb, dit-il. Aujourd'hui, on arrose si nécessaire, mais pas nécessairement. »

L'industrie de la pomme au Québec est en restructuration. Actuellement, elle génère des revenus de 30 millions \$ et environ 5 000 personnes travaillent directement dans les vergers. Mais la mondialisation a changé beaucoup de choses. Les pommes cultivées en Chine ont maintenant conquis l'Asie. Résultat : l'État de Washington, premier producteur continental, écoule à bas prix des pommes qu'il vendait naguère au marché asiatique. Chute des prix, forte concurrence. Le Québec ne peut plus suivre.

Une étude de l'industrie québécoise, troisième productrice en importance au Canada mais loin derrière la Colombie-Britannique et l'Ontario, a d'ailleurs mené à des constatations troublantes : « La pomme importée est une pomme fraîche de saison, disponible en grand volume, de qualité supérieure et à prix très compétitif », dit la *Monographie de l'industrie de la pomme au Québec* publiée par la Fédération des producteurs de pommes du Québec.

Pierre Mongrain, secrétaire général de cet organisme, ne le cache pas : « La pomme québécoise a failli disparaître des tablettes de nos supermarchés ». Un virage à 180 degrés dans les années 1990, a permis de rajuster le tir en créant un système de con-



DAVID LEVADOUX/IRDA-ILLUSTRATION : FRANZ VANOOSTHUYSE

La punaise translucide (*Hyaliodes vitripennis*), est un vorace prédateur de pucerons et de tétranyques dans les vergers. Une alliée des pomiculteurs.

Docteur charançon

Gérald Chouinard n'a jamais oublié son premier papillon : un sphinx pourchassé en plein vol par un oiseau. Il avait sept ans. L'enfant a d'abord fait fuir le prédateur, puis a capturé le lépidoptère... pour l'épingler lui-même sur son mur de chambre.

Vingt-cinq ans plus tard, il est toujours aussi fasciné par les insectes. Après avoir consacré un doctorat sur le comportement du charançon de la prune qui, comme son nom ne l'indique pas, s'attaque d'abord à la pomme, il a été engagé à l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement de Saint-Hyacinthe, où il mène des recherches subventionnées à titre de professeur associé à l'Université Laval et à l'UQAM. Depuis 1992, cet agronome et entomologiste est responsable du Groupe d'experts en protection du pommier, qui prône le développement durable et une utilisation plus rationnelle des insecticides.

Dans le *Guide de gestion intégrée des ennemis du pommier*, qu'il a publié en 2001, il donne l'exemple de l'effet d'un insecticide puissant, l'azinphos-méthyl. Ce produit élimine le charançon de la prune, mais provoque aussi une baisse des populations de syrphes et des coccinelles qui limitent le développement des pucerons et acariens. Résultat : l'application de ce produit remplace un problème par un autre...

Gérald Chouinard et la pomme cultivée étaient faits pour s'entendre. Dans l'éden des insectes que constitue le verger montréalais, une trentaine d'espèces se succèdent dès le mois d'avril jusqu'à la récolte : carpocapse de la pomme, punaise terne, tétranyque rouge, cérése buffle, cicadelle blanche, cochenille virgule, hoplocampe marbrée, pique-bouton, puceron lanigère, sésie du cornouiller, etc.

Cet ardent défenseur de la lutte biologique voit le pommier comme un champ de bataille que le pomiculteur peut utiliser à son avantage. Les coccinelles s'attaquent aux pucerons; les épeires mangent des tétranyques et des tordeuses, les guêpes éliminent les mineuses, les ichneumons s'en prennent aux noctuelles, et ainsi de suite.

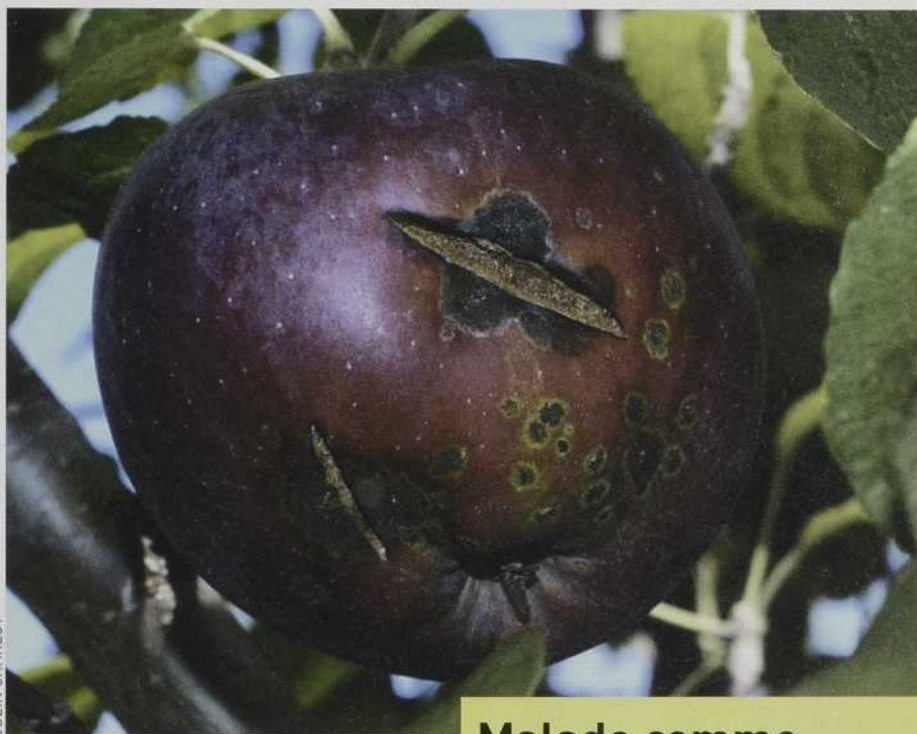
En 2002, Gérald Chouinard a présenté à une conférence internationale d'entomologie les résultats d'une recherche menée dans un verger de Rougemont. La punaise translucide, un insecte indigène devenu presque introuvable à la suite d'épandages successifs d'insecticides à large spectre, a été réintroduite dans quatre pommiers. Espèce exclusivement prédatrice, elle est « particulièrement vorace envers les acariens phytophages [...] et a une préférence pour les tétranyques rouges. Elle consomme également des pucerons, des cicadelles, des larves de tordeuses et de mineuses. »

L'étude, qui s'est déroulée sur deux ans, a démontré une nette diminution des insectes nuisibles, alors que la nouvelle venue s'était de mieux en mieux adaptée à son nouveau garde-manger.

trôle ayant pour nom « Pommes Qualité-Québec ». Fermeté, couleur, taille, tout est judicieusement contrôlé. On a relevé le défi, en partie du moins. On trouve aujourd'hui des pommes fraîches de nos vergers dans toutes les grandes surfaces.

Mais il demeure que la production est en baisse marquée. Les superficies cultivées sont passées de 7 800 hectares à 6 800 entre 1997 et 2001. Les pomiculteurs produisent 17 % moins de pommes aujourd'hui qu'en 1997, alors que l'Ontario a connu une légère hausse de 2 %.

Cette diminution s'explique par divers facteurs : une saison végétative courte, les printemps pluvieux qui favorisent la prolifération des ravageurs, les prix de la MacIntosh en baisse. Et on peut croire que les petits scandales comme la cire à la morpholine appliquée sur les fruits à l'emballage (voir l'encadré *Une cire cancérigène ?*) et l'usage de pesticides dans les vergers font que la pomme du Québec est plus difficile à avaler qu'autrefois.



JOLIN CHAREST

Chez les pomiculteurs, personne n'aime épandre des produits qui ont pour nom Guthion, Supracide, Captane, Cyprex, Dithane, Polyram ou Nova. « Quand un producteur arrose, il

veut être certain de son coup », affirme Benoit Bouthillier, du verger Trois pommes, à Rougemont, qui gare son tracteur au moment de la visite de *Québec Science*. La veille, il a répandu un fongicide et un insecticide sur ses 12 hectares. Coût de l'opération : 1 200 \$. Et un verger comme le sien a facilement besoin d'une quinzaine d'arrosages par an.

Même s'il revêt une combinaison de protection complète durant ces épandages (y compris un masque à gaz), Benoit Bouthillier affirme que les produits sont moins toxiques qu'autrefois. « Du temps de mon grand-père, on ne laissait pas les animaux domestiques dehors pendant l'arrosage », affirme-t-il. Aujourd'hui, pas de danger pour Fido et Minet, mais le pomiculteur fait rentrer tout de même ses enfants Éveline, Étienne et Marie.

En fait, il vaut même mieux éviter les périodes d'arrosage intensif pour profiter d'une petite promenade à la campagne. Des études du ministère de l'Environnement du Québec rapportent que les ruisseaux des régions productrices contiennent des résidus de pesticides issus de la pomiculture : « Chaque année, dans la moitié des échantillons prélevés l'été dans le ruisseau Déversant du lac (à Rougemont) et dans 4 % à 8 % des échantillons prélevés dans le ruisseau Boffin, on trouve plusieurs pesticides présents en même temps dans l'eau des ruisseaux. Parmi les produits recommandés dans les vergers, les pesticides

Malade comme une pomme

La tavelure du pommier, qui fait des ravages chaque année dans les vergers du Québec, même si elle n'affecte pas la comestibilité de la pomme, est un champignon bien spécial qui s'attaque surtout à la feuille de l'arbre et, accessoirement, au fruit. Mais si la pomme est infectée, provoquant des taches tavelées sur la pelure, inutile d'essayer de la vendre : elle est bonne pour le jus.

Dans la plupart des régions, le printemps 2004, frais et humide, a compliqué la lutte à la tavelure. La McIntosh, qui constitue 60 % de la production québécoise, y est particulièrement sensible. Sans les arrosages de fongicide, ce champignon ruine un verger en quelques semaines.

Lorsqu'ils sont matures, les spores, corpuscules reproducteurs du champignon, sont vaporisés dans l'air et cherchent à se fixer sur l'hôte. Or, pour l'accueillir, la feuille doit absolument être mouillée. C'est pourquoi on craint tant la pluie dans les vergers du Québec.

Les pomiculteurs veulent être prêts. C'est pourquoi ils répandent des fongicides sur les feuilles. Le moment idéal : tout juste avant la pluie. Les pomiculteurs sont donc des maniaques de météo. Tout producteur sérieux a sa station météorologique incluant un pluviomètre.

Lorsque le moment est choisi, il reste à enfile la combinaison et à monter sur le tracteur. Dans la citerne, une solution à base de captane, dodine, mancozèbe, dinocap, métirame ou myclobutanil.

Des pesticides dans l'urine

En 1996, l'équipe du docteur Denis Belleville, de la Direction de la santé publique de la Montérégie, a analysé des échantillons d'urine de 8 membres de familles de pomiculteurs, de 16 travailleurs pomicoles de la Montérégie, de 30 enfants vivant à proximité de vergers et de 23 autres enfants vivant à plus de 500 m des pommiers. Chaque participant a fourni trois échantillons d'urine : un avant l'épandage, un autre le lendemain et le troisième une semaine plus tard.

Résultat : on note clairement la présence de l'organophosphoré dans leur organisme le lendemain de l'épandage chez les groupes exposés à l'insecticide. « Nous étions toutefois très loin des concentrations représentant un danger pour la santé », précise le docteur Belleville. Se faisant rassurant, il affirme que les concentrations de pesticides disparaissent après quelques jours. De plus, il répète que la tendance est à la baisse en ce qui concerne les épandages en Montérégie.

L'étude s'est concentrée sur un insecticide organophosphoré, en juin, soit après la période intensive d'arrosage de fongicides, qui a lieu avant et après la floraison, en mai.

qui dépassent à l'occasion les critères établis pour le respect de la vie aquatique sont l'azinphos-méthyl, le carbaryl, le diazinon et le captane », lit-on dans le rapport du Ministère.

Une recherche du docteur Denis Belleville, du Département de santé publique de la Montérégie, révèle que les gens qui habitent près des vergers ingèrent des quantités mesurables de pesticides.

Même si on est encore loin des limites considérées néfastes, le sujet préoccupe les spécialistes de la santé publique et les environnementalistes (voir l'encadré *Des pesticides dans l'urine*).

La pomiculture doit-elle se mettre au vert? C'est ce que souhaitent des gens comme Laure Waridel, cofondatrice d'Équiterre, organisme voué à la promotion de choix écologiques et socialement

équitable. « J'aime mieux croquer dans une pomme avec des taches que dans une pomme avec du poison », dit cette travailleuse autonome qui tient la chronique *Acheter, c'est voter* à l'émission *Indicatif présent* de la radio de Radio-Canada.

Elle paie plus cher ses pommes sans pesticides, même si celles-ci sont parfois moins rondes et moins rouges que les autres. Mais il ne suffit pas d'exiger le sceau « certifié biologique », précise-t-elle. « La plupart des pommes bio que l'on trouve dans nos marchés viennent de l'ouest canadien ou de Californie. Les dépenses énergétiques pour le transport contribuent à accentuer l'effet de serre. Il faut privilégier les pommes bio du Québec, même si elles sont plus difficiles à trouver. »

Benoît Bouthillier ne croit pas à la pomiculture biologique. Selon lui, les pomiculteurs qui font du bio ne sont pas aimés, car leurs voisins doivent doubler les doses de pesticides. Pourtant, lorsqu'il a acheté son verger il y a huit ans, il aurait bien voulu se passer de ces produits qui ont mauvaise presse. Mais à moins de couper tous les arbres et de replanter des espèces résistantes à la tavelure, l'arrosage est indispensable. « Ici, nous faisons de l'arrosage minimal. Nous sommes conscients du caractère épuisable de la ressource, mais nous tenons quand même à avoir une récolte », dit ce diplômé en histoire, qui a grandi à Longueuil.

Si la tavelure est la principale bête noire de ce producteur comme des 938 pomiculteurs du Québec, plusieurs autres menaces pèsent sur les vergers. Chaque année, des milliards de larves d'insectes et d'arachnides, toutes aussi affamées les unes que les autres, attendent le bon moment pour se lancer à l'assaut des bourgeons, des feuilles, des fleurs et des fruits. Les agriculteurs craignent aussi des maladies comme la brûlure bactérienne, qui peut dévaster un verger en quelques semaines. L'an dernier, Alain Désilets, de Henryville, en Montérégie, a dû abattre 2 500 pommiers à cause de cette maladie qui donne à l'arbre l'apparence du bois carbonisé. Le seul traitement possible aurait été un antibiotique, mais il était déjà trop tard.

À croire que le Québec n'est pas fait pour la culture de la pomme. « Ce serait exagéré de dire ça, répond, un peu froissé, le responsable du Réseau pommier, Gerald Chouinard, de Saint-Hyacinthe. Il y a moyen de faire une pomiculture en accord avec les principes de développement durable. C'est ce que nous essayons de promouvoir. »

Le spécialiste, qui détient un doctorat en

Osez

vous serez étonnés!

Offrez-vous Le Devoir du samedi

Actualités Le monde Perspectives Éditorial Idées Science Éducation Économie Culture Sports
CAHIER SAMEDI CAHIER CULTURE CAHIER LIVRES CAHIERS SPÉCIAUX L'AGENDA

LE DEVOIR

Un journal indépendant

Abonnements : 514.985.3355 ou 1 800 463.7559

www.ledevoir.com



Alors qu'on comptait 29 arrosages de pesticides par saison en 1950, la moyenne est passée à 17 en 1990.

entomologie de l'Université McGill, cite une étude de ses collègues de l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement de Saint-Hyacinthe, qui dit que l'application de pesticides a beaucoup diminué dans les vergers du sud-ouest du Québec depuis cinq décennies. Alors qu'on comptait 29 arrosages par saison en 1950, la moyenne est passée à 19 en 1970, puis à 17 en 1990. En suivant les directives de la Production fruitière intégrée, que Gérald Chouinard tente de promouvoir partout en Montérégie, le nombre d'arrosages ne devrait pas dépasser 14 par saison. « Et les doses sont beaucoup moins toxiques qu'autrefois », dit-il.

Peut-on parler de pomme « certifiée biologique » ? Non. Les normes pour cette certification sont très contraignantes et coûteuses. Alain Désilets en sait quelque chose, lui qui doit dépenser quelque 800 \$ par année seulement pour être un authentique « bio ». Non seulement les produits fongicides et insecticides sont rigoureusement contrôlés dans les vergers certifiés (et un inspecteur passe au moins une fois par année), le producteur doit, en plus, être à bonne distance des vergers conventionnels. On juge en effet que le vent peut pousser des pesticides in-

Une cire cancérigène?

En août 2002, le pomiculteur Jean-Claude Legault, de Saint-Joseph-du-Lac, a dénoncé l'utilisation, par les entreprises d'emballage, d'une cire rendant les pommes plus attrayantes. Cette cire serait à base de morpholine, un produit hautement toxique mais non cancérigène.

Autorisée par la Food and Drug Administration des États-Unis, cette cire était peu connue au Canada au moment de la publication d'un article dans *La Presse*, le 15 août 2002. Loin d'être marginale, elle est présente sur presque toutes les pommes emballées et plusieurs autres fruits et légumes. Elle a suffisamment intrigué les responsables de Santé Canada pour qu'ils mènent une enquête.

En décembre suivant, les spécialistes rendaient leur verdict : les pommes cirées ne présentent aucun danger pour la santé humaine. En extrapolant les résultats obtenus sur des rongeurs, il faudrait manger une douzaine de pommes par jour pendant toute une vie pour subir les effets d'une contamination.

Une solution à ceux qui ne sont pas rassurés : l'auto-cueillette. Comme cette cire est appliquée uniquement au moment de l'emballage, les pommes du cultivateur en sont exemptes.

désirables vers les vergers biologiques. Les producteurs bio ont l'autorisation d'arroser, mais avec certains produits seulement : le soufre pour contrer la tavelure, par exemple.

« C'est difficile de faire de la pomme bio, au Québec; très difficile », commente dans un soupir Alain Désilets qui a décidé de ne pas replanter de pommiers à la suite de l'infestation bactérienne de l'été 2003. Ce sont des légumes biologiques qui prendront la place des pommes. Plus payant et moins de problèmes.

Pour Isabelle Joncas, agronome et coordonnatrice du réseau d'agriculture biologique à Équiterre, qui compte 70 fermes québécoises, les mœurs sont en train de changer, et ce sont les consommateurs qui pousseront dans le sens d'une pomiculture plus verte. « Même les grandes chaînes d'alimentation comme Loblaw ou Métro offrent aujourd'hui des produits biologiques, dit-elle. Et nous pouvons nous vanter d'avoir au Québec des normes plus sévères qu'aux États-Unis en matière de certification. »

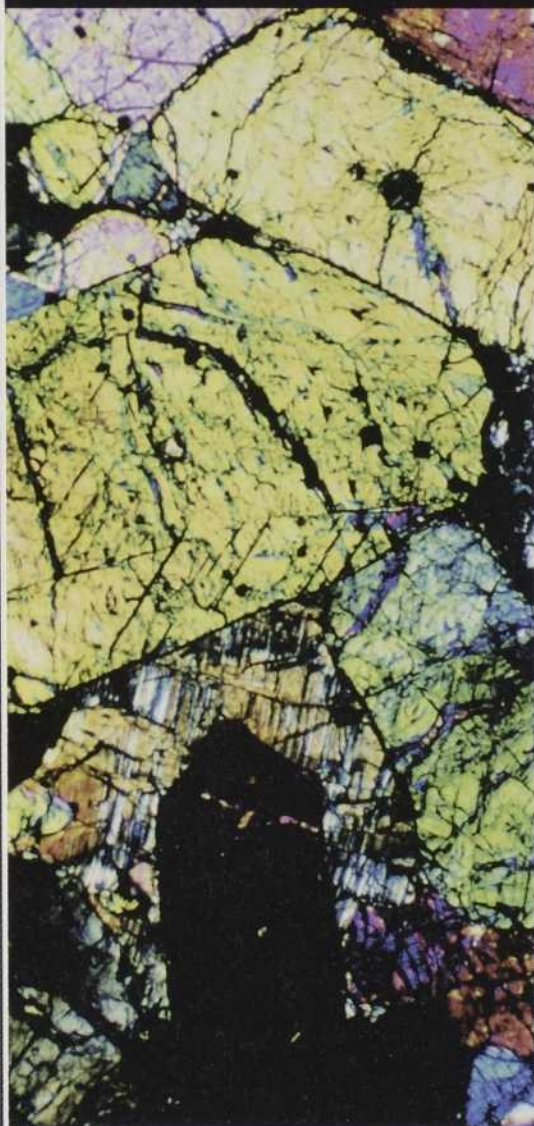
Les enfants courent entre les pommiers de Martin Petit, de Mont-Saint-Hilaire. Ici, les 700 arbres sont traités aux petits oignons. Les fruits sont vigoureux, sucrés, et ne présentent que de très rares petites taches causées par la tavelure. « Biologiques non, mais écologiques oui, précise le pomiculteur. J'arrose avec des pesticides, mais pas autant qu'ailleurs. Mes voisins procèdent à une vingtaine d'arrosages par année; moi, j'en fais cinq ou six. »

Même Jollin Charest préférerait planter de bons vieux pommiers MacIntosh traités aux pesticides plutôt que des essences résistantes à la tavelure et dont la production risque d'être difficile à écouler, s'il recevait une vingtaine d'hectares de vergers.

On en revient toujours à la tavelure. Il n'y a qu'un seul moyen de se débarrasser de cette peste : changer de pommier. Certaines espèces (Liberté, Belmac) sont résistantes au champignon. Mais les consommateurs, très conservateurs, s'aventurent rarement hors des sentiers battus. Les MacIntosh, Cortland, Spartan, Granny Smith ou Délicieuse, seront-elles un jour détrônées ? Pour l'heure, elles obtiennent encore la préférence des consommateurs. « Il y a des centaines de variétés de pommiers, souligne Laure Waridel, pour qui c'est la culture industrielle de la pomme qui a limité le nombre de cultivars. J'ai goûté à plusieurs variétés inconnues ici au cours d'un voyage en Suisse. C'était d'une incroyable diversité. » 

CHRISTIAN FLEURY

La ruée vers les



Avec l'aide de filtres polarisés, les chercheurs sont à même de déterminer au microscope la composition minérale d'une météorite. Sur cette image, les points jaunes, gris, roses et noirs indiquent que la roche est constituée essentiellement d'olivine. La tache noire près du centre indique que cette météorite contient aussi du pyroxène.

NASA/ALLAN TREIMAN/LPI



Comme jadis les chercheurs de pépites, les chasseurs de météorites rêvent de faire fortune. Souvent au détriment de la science.

par Joël Leblanc

Trente-cinq mille dollars le gramme... pour une roche! C'est 2 000 fois la valeur de l'or! Un collectionneur des États-Unis a pourtant accepté de payer ce prix il y a quelques années pour ajouter un joyau à ses trésors. Pas n'importe quel caillou, tout de même : cette roche venait de la Lune et elle en était arrivée toute seule, sans l'aide d'aucun astronaute...

Le marché des météorites est en plein essor. Dans les grandes maisons de vente aux enchères, on a maintenant l'habitude de voir la mise pour ces morceaux d'outre-espace monter. Une simple recherche avec le mot « météorite » sur le site d'enchères électronique *e-bay* révèle plus de 850 pièces

à vendre, allant jusqu'à 90 000 \$!

Au cours des dernières années, les météorites ont acquis une valeur forte sur le marché des collections. C'est le type de caillou (voir l'encadré en page 33) et sa relative rareté qui déterminent son prix. Les recherches sur la possible présence de vie fossile sur une météorite martienne, ou les théories concernant l'extinction d'espèces préhistoriques, ne sont pas étrangères à cet intérêt. La valeur de ces roches venues du ciel a décuplé à une vitesse cosmique. Celle de Zagami, au Nigeria, par exemple, est un caillou de 18 kg qui s'est abîmé sur Terre en 1962. En 1988, le musée qui le gardait a accepté d'en céder un morceau à un collectionneur. Celui-ci l'a alors vendu en pièces, d'abord à 40 \$ le gramme, puis 70 \$. On a alors commencé à spéculer sur ses probables origines martiennes et la

météores

VAN RAVENSWAAY/SPL/PHOTO

Découverte en 1822 dans le désert d'Atacama au Chili, cette roche ferreuse vient probablement d'un astéroïde formé il y a des milliards d'années – on en a trouvé environ 400 g. Du métal liquide (maintenant solide, en gris) s'est mêlé à du silicate (jaune et brun). Une telle météorite peut nous en dire beaucoup sur la formation du système solaire.

pierre a atteint 275 \$ le gramme. En 1995, quand les chercheurs ont confirmé qu'elle venait de Mars, son prix a grimpé à 550 \$ le gramme. Et depuis il a encore sextuplé !

Ce lucratif marché ne facilite pas le travail des scientifiques. À cause de la spéculation, les centres de recherche et les musées n'ont plus les moyens de s'offrir ces pierres extraterrestres. Et les négociants, pour maximiser leurs profits, n'hésitent pas à les débiter en tranches pour en vendre le plus possible, ce qui fait disparaître à jamais de précieuses informations. « Les météorites, c'est notre seule façon d'avoir accès à des échantillons de l'espace, dit André Grandchamps, astronome au Planétarium de Montréal. Elles nous permettent de valider

La classification des météorites

Les chercheurs tentent de classer les quelque 8 500 météorites trouvées jusqu'à présent. En gros, il en existe trois types : les **ferreuses** sont les fragments du noyau d'une planète dont la taille était suffisante pour que son intérieur soit chaud et liquide. Les éléments lourds comme le fer et le nickel sont descendus vers son centre pour former un noyau. Les éléments plus légers, comme les silicates, sont restés en surface. Lorsque la planète est détruite par une collision, cette partie donne les météorites **pierreuses**, relativement pauvres en fer. Entre les deux, à la jonction du noyau et du manteau, se trouve la matière qui donnera les météorites **métallo-pierreuses**.

Un autre type de météorite peut parfois nous arriver : les **chondrites**. Celles-ci sont remplies de chondres, de petites sphères rocheuses incrustées dans la matrice de la météorite. D'un diamètre inférieur à 2 mm, elles sont souvent visibles à l'œil nu. On croit qu'il s'agit d'un des premiers stades de la formation du système solaire. Les poussières stellaires se seraient agglutinées il y a 4,5 milliards d'années et dans cette matrice se sont d'abord formés les chondres. Si la planète en devenir a été détruite avant d'avoir été assez massive pour que ses éléments se séparent en noyau, manteau et écorce, les fragments résultants sont encore remplis de chondres, qui n'ont pas eu le temps de se liquéfier. Une telle météorite est donc un instantané du tout début de notre système solaire, un rare témoin qui nous tombe gratuitement du ciel.



JOËL LEBLANC

André Grandchamps, astronome au Planétarium de Montréal où est conservée la plus grosse collection publique de météorites du Québec.

ou d'infirmier nos modèles informatiques sur les origines du système solaire. »

La plus grosse collection publique de météorites du Québec est conservée au Planétarium. Elle compte plus de 150 pièces qui viennent d'un peu partout dans le monde, dont notre province qui, comme n'importe quelle région du globe, se fait « poivrer » de temps à autre. « Le couvert forestier masque la plupart des impacts de météorites, explique André Grandchamps. Elles sont aussi nombreuses qu'ailleurs, mais plus difficiles à trouver. Dans les Prairies, c'est plus facile parce qu'une roche noire dans un champ, ça se voit bien. »

Les spécialistes s'entendent pour dire que quelques centaines de tonnes de matériel entreraient dans l'atmosphère terrestre chaque jour. De cette masse, l'immense majorité se consume par friction

dans l'air et ne se rend jamais au sol. Mais quelques morceaux, assez gros pour ne pas disparaître en entier, atteignent la surface. Les deux tiers tombent dans l'eau; le reste, sur la terre ferme, habituellement dans une région inhabitée. Dix jours ou 10 000 ans plus tard, un humain passant par là verra la météorite, mais n'y prêtera que trop rarement attention. Et encore faut-il qu'il soupçonne son origine spatiale ou qu'il se donne la peine de l'apporter à un spécialiste. Dans ce contexte, on a l'impression qu'une chute de météorite est un phénomène exceptionnel, alors que les arrivages sont quotidiens.

Dans l'immensité de l'espace, les roches sont communes comme la poussière sous un lit d'étudiant. Et elles sont des millions à graviter autour du Soleil. Probablement des milliards. La plupart des cailloux libres sont concentrés dans la ceinture d'astéroïdes, un immense manège de

morceaux de planètes manquées, qui orbite entre Mars et Jupiter (voir *Québec Science*, février 2002). Le plus grand rocher, Cérès, fait 930 km de diamètre; les plus petits tiennent à plusieurs sur le point qui termine cette phrase. D'autres météorites ont été éjectées de Mars ou de la Lune par une grosse collision avec un corps spatial. « Les plus petits de ces astéroïdes, explique André Grandchamps, ont des trajectoires chaotiques, c'est-à-dire que leur orbite peut être modifiée. Par une collision avec un autre astéroïde, ou l'influence gravitationnelle de Jupiter, ils empruntent un nouveau trajet et peuvent alors croiser l'orbite d'un astre plus gros : Jupiter, Mars, notre Lune, la Terre... » Jusqu'au jour où ils traversent le chemin du poids lourd au mauvais moment et sont attirés par sa gravité. Elles se désintègrent alors dans l'atmosphère, si atmo-

(suite à la page 36)

Il pleut des roches

Au cours de son histoire, notre planète a été percutée par des cailloux beaucoup plus gros et en a gardé de profondes cicatrices. Cent soixante et onze cratères d'impact sont confirmés, dont le plus célèbre est

celui de Chicxulub, au Mexique, causé par un terrible impact il y a 65 millions d'années (MA) que l'on croit responsable de la disparition de nombreuses espèces, dont les dinosaures. Le cratère, récemment découvert sur le fond du golfe du Mexique, fait 170 km de diamètre et aurait été causé par un corps d'au moins 10 km.

Au Québec, on compte huit cratères connus :

1. **Presqu'île**, 24 km, moins de 500 MA.
2. **Couture**, 8 km, 430±25 MA.
3. **La Moirerie**, 8 km, 400±50 MA.
4. **Charlevoix**, 54 km, 342±15 MA, associé à la grande extinction du Dévonien.
5. **Île Rouleau**, 4 km, moins de 300 MA.
6. **Lacs à l'Eau Claire est et ouest**, cratères jumeaux, 26 km

et 36 km, 290±20 MA.

7. **Manicouagan**, avec ses 100 km de diamètre, il est le quatrième plus grand cratère du monde. L'impact a eu lieu il y a 214±1 MA et serait peut-être responsable de l'extinction de la fin du Trias.
8. **Nouveau-Québec**, 3,44 km, 1,4±0,1 MA. La SEPAQ y ouvrira bientôt un parc de conservation.



sphère il y a, ou s'écrasent au sol.

C'est ce qui est arrivé il y a 10 ans dans la vallée du Saint-Laurent près de la municipalité de Saint-Robert, à proximité de Sorel. C'était le soir du 14 juin 1994, bien des gens s'apprêtaient à écouter la finale de la coupe Stanley lorsqu'une puissante détonation a retenti. Quelques minutes plus tard, on a trouvé le premier fragment de 2,3 kg de la désormais fameuse météorite de Saint-Robert. Selon les estimations, le bolide devait peser entre 10 et 100 tonnes au moment de son entrée dans l'atmosphère. Il s'est consumé durant la descente, offrant le spectacle d'une boule de feu traversant le ciel de l'Ontario, du nord-est des États-Unis et du sud du Québec, à 20 km à la seconde. À 10 km ou 20 km d'altitude, les contraintes thermiques entre la surface très chaude et l'intérieur très froid, ont fait bruyamment exploser la pierre dont les fragments se sont éparpillés dans les fermes des environs, sur une surface elliptique d'environ 1 km sur 2 km. « Depuis, se rappelle Damien Lemay, astronome amateur de Rimouski, une vingtaine de fragments ont été retrouvés, totalisant 25 kg de roche, mais il en reste sûrement encore plus. »



Dans les jours qui ont suivi l'arrivée du corps céleste, les habitants du village ont pu voir bien des gens arpenter les champs et les boisés à la recherche d'un morceau de cosmos. De simples curieux, mais aussi des collectionneurs sérieux venus d'autres pays.

André Grandchamps les compare aux collectionneurs d'œuvres d'art: « Les amateurs de météorites se font discrets là-dessus. Pas facile de savoir ce qu'ils possèdent. On se doute tous que quelques-uns d'entre eux sont repartis de Saint-Robert avec un morceau en poche,

PARTICIPANTS RECHERCHÉS

Étude sur les effets de la caféine sur la vigilance et le sommeil

Hôpital du Sacré-Cœur de Montréal

Pour participer, vous devez :

- Être âgé(e) entre 20 et 30 ans ou entre 45 et 60 ans
- Ne pas travailler de nuit
- Être en bonne santé physique et psychologique
- Être non-fumeur (euse)
- Ne pas prendre d'anovulants ou d'hormones de remplacement

Il n'est pas nécessaire d'être consommateur de caféine pour participer

Vous devez être disponible pour :

- 3 séjours non-consécutifs (1 fois / sem) d'une soirée et une nuit et / ou
- 2 séjours non-consécutifs (1 fois / mois) de 2 nuits et 1 journée

Entre 195\$ et 525\$ en compensation

Pour de plus amples informations, laissez un message au
(514) 338-2222, poste 2517, option 1

Chercheuse : Julie Carrier, Ph.D.
Professeure agrégée, Université de Montréal

Télescopes
Jumelles
Microscopes
Loupes
Volumes
Jouets Scientifiques

L'univers à la portée de tous!

La Maison de l'Astronomie P. L. inc.
8074, rue St-Hubert
Montréal, Québec
Tél.: (514) 279-0063 • Fax: (514) 279-9628
www.microid.com/maison.htm



Photo de gauche : Terence Dickinson, éditeur de *SkyNews*, tient un morceau de la météorite de Saint-Robert, qui a «poudré» les environs de la municipalité québécoise le soir de la coupe Stanley 1994. Avec lui, John Rucklidge, géologue à l'université de Toronto et Denis Pagé, astronome amateur.

Ci-contre: Damien Lemay astronome amateur de Rimouski, Alan Hildebrand géologue à l'université de Calgary et Pierre Sasseville un résident de Saint-Robert lors de cette fameuse partie de chasse.



OWEN HUMPHREYS/AP/CANAPRESS

enfreignant ainsi les lois patrimoniales canadiennes. Mais on ne le saura jamais vraiment. »

Heureusement, ces vieilles pierres qui nous arrivent sont bien souvent plus petites qu'un poing, et ne font pas grands dégâts. Mais la course de ces cailloux

qui ont traversé le froid du cosmos, parfois pendant 4,5 milliards d'années, a de quoi donner le vertige. On comprend que l'auteur d'une découverte se pose toujours au moins une question, fébrile : je la garde, je la vends ou je la lègue à la science ? ☞

Pour en savoir plus

Comité consultatif sur les météorites et les impacts de l'Agence spatiale canadienne : <http://miac.ugac.ca/MIAC/MIAC.html>

Les météorites vulgarisées dans des aventures d'adolescents : <http://meteorites.bw.qc.ca/>

Excellent site en anglais : <http://meteorites.lpl.arizona.edu/>

RONDOT, Jehan. *Les impacts météoritiques, à l'exemple de ceux du Québec*. 1995, Publications MNH inc.

Livre de vulgarisation pour enfants : THIBAudeau, Carole. *Guillaume et la météorite*, 2003, Éditions MultiMondes.



En 1993, une météorite de 12,5 kg défonce l'arrière du véhicule de Michelle Knopps, aux États-Unis. Son auto fera le tour du monde pour être présentée dans les plus grandes expositions scientifiques tant l'impact est « frappant » !

Petit guide du chasseur de météorites

L'idée de tenir dans vos mains un morceau de l'espace vous attire? Chaussez vos bottes, armez-vous de patience et mettez en pratique ces quelques trucs.

1. Privilégiez les secteurs où des météorites ont déjà été découvertes. Comme les bolides célestes explosent presque toujours avant l'atterrissage, c'est toute une région qui est habituellement « assaisonnée ».

2. Utilisez un détecteur de métal ou, plus simplement, un aimant au bout d'une ficelle. Les météorites contiennent toujours du fer, du moins suffisamment pour attirer un petit aimant. Les particules de fer sont habituellement visibles dans la pierre lorsqu'on la brise.

3. Cherchez des pierres qui ont une allure différente des pierres ambiantes, ce qui indique une origine particulière.

4. Cherchez surtout des cailloux noirs. À cause de la rapide surchauffe dans l'air, les météorites présentent habituellement une croûte noire qui fait un ou deux millimètres d'épaisseur. Cette pelure disparaît toutefois avec les années. Elles arborent aussi parfois des « empreintes de pouce », ou regmaglyptes, résultat de la fusion partielle de la surface.

5. Certaines météorites courantes sont constituées d'une agglomération de chondres, de petites sphères rocheuses de moins de 2 mm de diamètre. Cherchez-les à l'œil nu, vous aurez alors une preuve irréfutable.

6. Faites authentifier vos trouvailles par une université, un musée ou par un astronome professionnel, ou amateur. Le test ultime : on vérifiera par des procédés chimiques si le fer de l'échantillon contient du nickel, un indice qui ne trompe pas.

Un Web plus intelligent

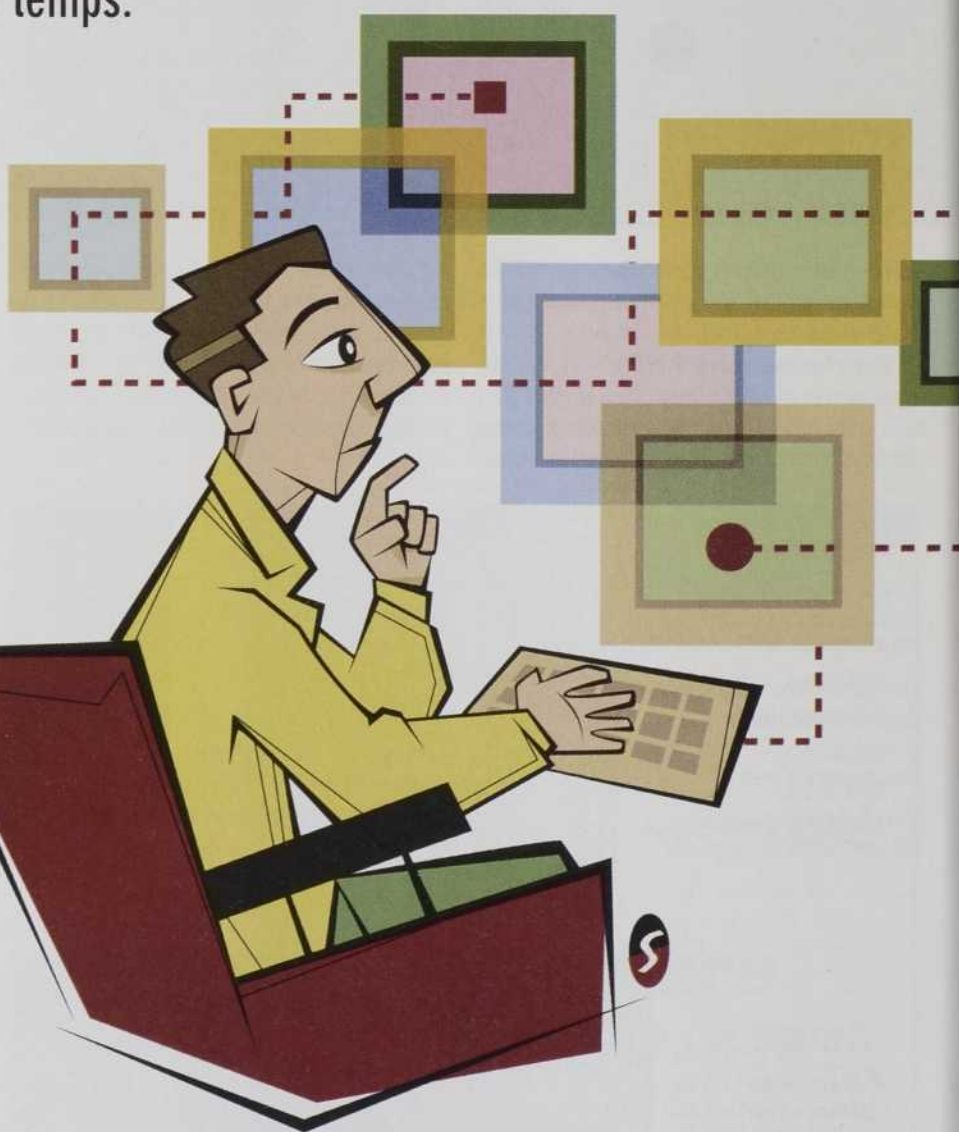
Le père du Web veut rendre sa créature plus facile à utiliser.
Pour nous faire gagner du temps.

par Philippe Chartier

Internet a beau contenir plus de trois milliards de pages, trouver exactement ce que l'on cherche demeure souvent une tâche ingrate. En 10 ans, Internet a révolutionné la manière de chercher, de diffuser et de trouver de l'information. Mais que d'heures on peut passer sur Google ou un des autres moteurs de recherche!

Nous avons tous appris une grammaire nouvelle : afin de trouver disons un billet d'avion pour le Sud, nous transformons nos rêves de plages ensoleillées en une série de mots-clés judicieusement choisis, entrecoupés – pour ceux qui s'y connaissent un tant soit peu – d'opérateurs booléens : « avion ET (Caraïbes OU Floride OU etc.) ». Quelques secondes plus tard, il faut faire le tri dans la pléthore de résultats obtenus, figurer sa requête, visiter quantité de sites jusqu'à ce qu'on ait amassé suffisamment d'information – ou épuisé ses forces et sa patience. On peut y passer des heures – ce qui est probablement plus rapide et économique que si l'on devait faire la même démarche en personne ou par téléphone... Mais n'empêche!

Trouver sans effort l'aiguille dans la botte de foin, le défi hante Tim Berners-Lee, l'inventeur du Web. Il y a quatre ans, il a mis en branle un ambitieux projet pour tenter d'insuffler un peu d'intelligence dans la Toile. Sous les auspices du World Wide Web Consortium – alias W3C (1) –, l'organisme à but non lucratif dont il est le di-



recteur depuis 1994, il travaille à la réalisation d'une extension (et non d'un remplacement) du Web actuel, qu'il a baptisée le « Web sémantique » (ou *Semantic Web* en anglais).

La manière dont fonctionnent aujourd'hui les moteurs de recherche est intimement liée à l'histoire d'Internet. C'est en 1989 que le Web voit offi-

ciellement le jour (2) dans les laboratoires du Conseil européen pour la recherche nucléaire (CERN) en Suisse. Tim Berners-Lee cherche alors un système pour faciliter l'accès aux documents scientifiques stockés dans les ordinateurs des multiples universités et instituts de recherche qui collaborent avec le CERN. Avec son collègue Robert Cail-

Intelligent

liau, il développe les deux normes à la base du Web : l'Hypertext Transfer Protocol (HTTP) et l'Hypertext Markup Language (HTML). Ces outils permettent à l'utilisateur de « naviguer » grâce à un réseau de « nœuds » et de « liens » reliant les documents entre eux pour former une immense « toile » – d'où le nom de « Web ». D'un clic de souris, on peut consulter aisément des documents aux quatre coins du globe – d'où le qualificatif de « World Wide ».

Pour des raisons pratiques, le langage HTML sert principalement à définir l'affichage des données : ce bout-ci de texte doit être en gras, celui-là est de couleur rouge et en italique, cette image est alignée à droite, etc. Cependant, HTML ne dit rien sur le contenu lui-même des pages. Pour user d'une métaphore, le Web, en fait, ne sait pas ce qu'il contient.

C'est ce que Tim Berners-Lee veut changer. Dans le futur Web sémantique (3), différentes technologies doivent permettre de mieux structurer les documents et d'identifier les données qu'ils contiennent. Cela sera notamment effectué grâce au langage XML – alias eXtensible Markup Language (4). Émanant du W3C, cette norme permet de créer son propre jeu d'étiquettes afin d'identifier les différentes parties de ses documents (voir l'encadré). Depuis environ un an, XML a le vent en poupe comme norme de prédilection pour l'échange de données entre logiciels, sur le Net comme ailleurs. Il remplace progressivement les anciens formats de données dits « propriétaires », créés à l'origine par les éditeurs de logiciels.

Une autre technologie, baptisée RDF, ou Resource Description Framework, servira grosso modo à donner du sens à la structure XML des documents. Un peu comme dans le langage humain où le sens n'émane pas seulement de phrases composées d'un sujet, d'un verbe et de compléments, RDF servira à décrire les relations entre les différents éléments XML : par exemple, (l'<auteur> Philippe Chartier) (écrit) (pour la <source> Québec Science)).

Cependant, différents concepteurs de sites peuvent employer différents termes ou étiquettes pour exprimer le même concept. Et c'est là qu'intervient le rouage le plus ambitieux du Web sémantique. De vastes dictionnaires appelés des « ontologies » seront chargés de répertorier les équivalences entre termes, de manière à ce que l'on sache que le terme X sur tel site exprime le même concept que le terme Y sur tel autre site. En principe, ce mécanisme devrait grandement améliorer la précision des moteurs de recherche car, grâce aux ontologies, ils pourront rechercher les pages qui correspondent à un concept donné plutôt que, comme ils le font actuellement, celles qui contiennent simplement les mots-clés particuliers. Une autre norme, OWL pour Ontology Web Language (5, 6), servira à codifier les futurs dictionnaires ou encyclopédies ontologiques.

Pour résumer, les technologies XML, RDF et OWL doivent permettre de struc-

turer les documents électroniques sur le Web et les rendre plus compréhensibles par les ordinateurs.

Mais qui parcourra ces milliards de pages ? Le véritable potentiel du Web sémantique pourra vraiment se révéler grâce à de petits programmes connus sous le nom d'« agents intelligents ». Programmes selon nos goûts et nos habitudes, ces agents arpenteront pour nous le Web sémantique et en extrairont la substantifique moelle afin d'accomplir les missions que nous voudrions bien leur confier !

Par exemple, vous êtes à la recherche d'un livre et vous voulez le meilleur prix possible.

Au lieu de visiter tous les libraires en ligne, de consulter leur catalogue respectif ou de comparer les prix, vous pourriez déléguer cette tâche

à un agent intelligent spécialisé en magasinage. Autre scénario : un médecin rédige une prescription sur son ordinateur. Un agent intelligent pourrait se mettre en branle et vérifier que le médicament est approprié en fonction du diagnostic, contrôler les incompatibilités possibles avec les autres médicaments que prend déjà le patient, etc. Tout cela demandera, évidemment, que le dossier du patient ainsi que les bases de données médicales aient été passés à la moulinette sémantique, et qu'on ait placé une bonne dose d'intelligence artificielle dans la tête de ces agents très spéciaux.

Quand tout ce système sera au point, une recherche sur le Web sémantique ne s'exé-

Petit exemple de document XML

```
<ARTICLE>
<AUTEUR>Philippe Chartier</AUTEUR>
<SOURCE>Québec Science</SOURCE>
<TEXTE>Le plus court article du
monde!</TEXTE>
</ARTICLE>
```

→ **Cyber** Ressources

- (1) World Wide Web Consortium (W3C)
www.w3.org
- (2) Original Proposal of the WWW (W3C)
www.w3.org/History/1989/proposal.html
- (3) Semantic Web Activity (W3C)
www.w3.org/2001/sw/

(4) Extensible Markup Language (W3C)
<http://www.w3.org/XML/>

(5) An introduction to ontologies
www.SemanticWeb.org/knowmarkup.html

(6) Ontoweb
www.ontoweb.org

(7) DARPA Agent Markup Language (DAML)
www.daml.org

cutera plus nécessairement à l'aide d'un gigantesque moteur de recherche, mais plutôt par un réseau de dizaines, voire de centaines, de petits agents intelligents spécialisés. DARPA, l'organisme états-unien à l'origine d'Internet, s'intéresse beaucoup à ces agents et finance même le développement de leur futur langage : le DAML, ou DARPA Agent Markup Language (7). Cela dit, le Web sémantique n'est pas pour demain. Il faut d'abord constituer les fameux dictionnaires ontologiques pour, idéalement, tous les domaines du savoir humain et dans toutes les langues. Pas une mince affaire ! Ensuite, il faudra convaincre la communauté du Web de bien vouloir inoculer un peu de XML, de RDF et autres nouveaux langages dans les quelque milliards de pages du Web actuel...

Devant l'ampleur « worldwidewebéenne » de ce chantier, l'une des possibilités envisagées est – logiquement – de déléguer cette corvée à des agents intelligents. Ceux-ci pourraient adapter dynamiquement les pages Web, y insérer des balises sémantiques et aussi y ajouter des liens vers d'autres pages au contenu similaire. Un peu à la manière dont fonctionnent les neurones de notre cerveau; les liens populaires et pertinents se renforceraient tandis que les liens plus faibles s'atténueraient. Certains promoteurs du Web sémantique voient d'ailleurs celui-ci comme une sorte de « cerveau global » dont ils prédisent l'« auto-organisation »...

Pour l'heure, le Web sémantique trace son chemin dans les labos de recherche et au sein de quelques entreprises. Ses applications sont pour l'instant réservées à des domaines spécialisés, bien définis, où il est plus aisé de constituer des ontologies. Chez le constructeur aéronautique Airbus, par exemple, on regarde comment améliorer l'archivage des connaissances des ingénieurs spécialisés en conception d'avions grâce aux possibilités qu'offrirait ce « super-Web ».

Avec un peu de chance, le commun des internautes pourra commencer à utiliser le Web intelligent d'ici trois ou quatre ans. Quoique!...

Les 20

meilleurs sites

Le Net
plus
ultra

Où trouver
de l'information
scientifique fiable?
Voici notre sélection.
par Ludovic Hirtzmann

Internet aura atteint son milliard d'utilisateurs au cours de cette année, selon le *CIA Worldfact Book*. Au Canada, 20 millions de personnes surfent, dont de nombreux étudiants. Selon une enquête menée en 2003 par le LabTic, un laboratoire de l'École des sciences de la gestion de l'Université du Québec à Montréal, 70% des professeurs et chargés de cours estiment que les technologies de l'information améliorent l'apprentissage de leurs étudiants. Mais la moitié des enseignants ajoutent que le Web ne leur permet pas vraiment de gagner du temps.

Astronomie, espace

NASA États-Unis

www.nasa.gov

Le site de la National Aeronautics and Space Administration est l'un des plus complets de la planète Internet. Les actualités spatiales et aéronautiques sont détaillées avec force documents écrits et vidéo. Les sujets les plus populaires font l'objet d'une attention particulière. Les étudiants et les professeurs disposent également d'un accès réservé. Une véritable mine virtuelle.

Spotimage_France

www.spotimage.fr

Vous aviez encore quelques doutes à propos du relief de la Saskatchewan ? Tout s'éclaircira sur *Spotimage*. Au début des années 1980, les scientifiques du Centre national d'études spatiales français ont procédé au lancement de plusieurs satellites d'observation de la Terre appelés SPOT. *Spotimage* est né de ces observations. L'internaute curieux peut découvrir des cartes dont la résolution, entre 2,5 m et 20 m, est toujours surprenante. Ce site aéré et agréable à parcourir recense plus de 10 millions de clichés accessibles en ligne sur catalogue. Quelques photos sont gratuites (dont de superbes prises de vue de la mer Morte en 3D), mais il vous faudra payer 13 000 \$ pour une photo de votre maison vue de l'espace...

Biologie

Infobiogen_France

www.infobiogen.fr

Infobiogen détecte les banques de données dans les domaines des biomolécules ou des maladies génétiques. Ce site est austère, mais très efficace. L'internaute scientifique se réjouira du nombre impressionnant de bases de données géniques, de logiciels d'analyse de séquences ainsi que d'un catalogue des thèses en bio-informatique. Visitez le Déambulium. Il explore de manière thématique la biologie moléculaire, la bio-informatique, la médecine et la biologie.

Enseignement scientifique

At Home, la classe de sciences_Belgique

www.ping.be/at_home/index.htm

Il est rare qu'un site personnel réussisse à se hisser au niveau des réalisations des grandes organisations. Pourtant, Bruno Haas, un professeur de chimie de Tournai, en Belgique, est parvenu à réaliser là un bien beau site d'enseignement scientifique. Il serait difficile de ne pas faire un tour dans sa *Classe de sciences* tant ce site est convivial et pratique. Au programme : chimie, physique et biologie expliquées grâce à des expériences de laboratoire et des animations. Parmi celles-ci, « La formation du pétrole » ou encore « Comment manipuler les molécules organiques ». Enfin, un forum encourage les enseignants à échanger des informations. À ne manquer sous aucun prétexte !

CyberScol_Québec

<http://cyberscol.qc.ca>

CyberScol compile un ensemble « d'activités pédagogiques qui exploitent la créativité et l'imagination de l'élève dans un contexte de vulgarisation scientifique ». Ce site éducatif s'adresse aux élèves du secondaire. Le visiteur découvrira une foule de ressources intéressantes parmi lesquelles des diaporamas scientifiques sur des thèmes aussi variés que l'aérodynamisme, les plans inclinés ou le frottement. Les animations ont été réalisées par des élèves.

The screenshot shows the NASA website's Multimedia section. It includes a navigation bar with links like 'ABOUT NASA', 'NEWS & EVENTS', 'MULTIMEDIA', 'MISSIONS', 'POPULAR TOPICS', and 'MyNASA'. The main content area features a 'Welcome to the NASA Multimedia Gallery' message, an 'IMAGE OF THE DAY GALLERY' with a picture of Earth, and a 'RELATED MULTIMEDIA' section with links to 'A Renewed Spirit of Discovery' and 'MER Rover Photo Gallery'.



The screenshot shows the 'At Home' website, which is a collection of educational resources. It features a header with the site's logo and a sidebar with links to 'chimie', 'biologie', 'physique', 'pages persos', 'tableau périodique', 'les manip', 'sécurité', 'infos éducation', 'olympiades sciences folles', and 'HOME'. The main content area lists various resources, including a 'Nouveau' section with links to 'les liens de la page' and 'la page', and a 'Tableau périodique' section with a link to 'la page'.

Enseignement scientifique

MIT, Massachusetts Institute of Technology _États-Unis
<http://web.mit.edu>

Si vous êtes passionné par les sciences et la technologie, il y a fort à parier que vous connaissez déjà le MIT. Parmi ses initiatives les plus heureuses, il faut souligner la mise en ligne de 700 cours de la prestigieuse institution. Cette partie du site, nommée «OpenCourseWare» regroupe plus de 33 disciplines. Il n'est pas nécessaire d'être inscrit au MIT pour en bénéficier et le candidat étudiant pourra se cultiver aussi bien en aéronautique, en astronautique qu'en biologie ou en sciences de l'ingénieur. Malheureusement, comme sur bien des sites Internet universitaires, la richesse des ressources en a fait un véritable labyrinthe.

Mathématiques

Math.com _États-Unis
www.math.com

Nul besoin d'être grand clerc pour deviner de quoi traite *math.com*. Ce site pédagogique est divisé par niveaux : mathématiques de la vie quotidienne, de l'école primaire, secondaire, etc. Les auteurs ne s'encomrent pas d'efforts d'infographie mais ils vont à l'essentiel, depuis les tables de multiplication jusqu'à des fonctions plus complexes. Les professeurs apprécieront les plans de cours proposés par nombre d'enseignants nord-américains. Un classique un peu sévère.

Médecine

Institut Pasteur _France
www.pasteur.fr

L'Institut Pasteur a divisé son site en quatre départements : recherche, santé, information scientifique et enseignement. Il a éliminé tout le superflu, ce qui ne veut pas dire que son site n'est pas riche en information. Plus de 1 000 livres sont accessibles intégralement, de même que des thèses, des guides pour les doctorants et plus de 1 500 titres de publications scientifiques. Est-il besoin d'ajouter que le site est clair et bien agencé?

Medline _États-Unis
<http://medlineplus.gov>

Medline est une mine d'or traitant de plus de 650 sujets d'ordre médical. On y trouve de l'information de qualité sur la santé et les médicaments. Pour les termes médicaux, le site indique des références de dictionnaires. Il comprend également des répertoires de centres médicaux, d'associations, de bibliothèques états-uniennes, ainsi que de banques de données et de publications, entre autres. La section «Apprentissage» explique de façon interactive tous les grands et petits maux de la vie quotidienne. L'actualité des essais cliniques est aussi à l'honneur.

Le site du Réseau canadien de la santé _Canada
www.reseau-canadien-sante.ca

Contrairement à des sites comme Medline ou celui de l'Institut Pasteur, le site Internet du Réseau canadien de la santé s'adresse à tout un chacun. Les aînés, les ados et les adultes découvriront en outre des dossiers d'actualité (grippe aviaire ou virus du Nil, par exemple). Ce site de Santé Canada n'est pas une œuvre d'art, mais il est pratique et répond à vos questions de base sur tous les thèmes relatifs à la santé.



math.com
The World of Math Online

Buy Math Advanta
and pay no shipping on:
Pre-Algebra, Algebra I, Algebra II, Geometry,
Calculus, Statistics, Real World Math

Home | Teacher | Parents | [Go](#)

Homework Help | Practice | Ask An Expert | [Ca](#)

Homework Help | [Algebra](#) | The Language of Algebra

search

Definitions
Order of Operations
Writing equations
Writing inequalities

Unit Quiz
Glossary
Standards

Order of operations

1 First Glance
2 In Depth
3 Examples
4 Work

$4 + 7 \times 3 = x$
 $4 + 21 = x$
 $25 = x$

First multiply.
Then add to get answer.

$4 \times (6 - 2)^2 \div (3 - 1)^5 - 7 = x$
 $4 \times (4)^2 \div (2)^5 - 7 = x$
 $4 \times 16 \div 8 - 7 = x$
 $64 \div 8 - 7 = x$
 $8 - 7 = x$
 $1 = x$
 $x = 1$

Perform operations inside parentheses
Raise results to powers.
Then multiply.
Then divide.
Subtract.
The usual form.

Réseau canadien de la santé
 Présenté par Santé Canada et des organismes de santé réputés du pays

Des infos qui font corps avec votre santé

Index de A-Z Recherche Plan du site À propos du Réseau Commentaires Aide [ENGLISH](#)

Le 21 juin 2004

Centres de santé
Groupes & Sujets

Groupes
 ▶ Enfants
 ▶ Adolescents
 ▶ Personnes âgées
 ▶ Autochtones
 ▶ Femmes
 ▶ Hommes
 ▶ Vivre avec des incapacités

Sujets
 Vie Saine
 ▶ Alimentation saine
 ▶ Approches complémentaires et parallèles en santé
 ▶ Déterminants de la santé
 ▶ Prévention de la violence
 ▶ Prévention des

Ce mois-ci...

La santé publique, ça compte...
peu importe où vous vivez
Bon nombre d'entre nous tenons les services de santé publique pour acquis, même s'ils ont une incidence directe sur tout des programmes d'immunisation à la qualité de l'eau... [Lire l'article](#)

Abonnez-vous à notre Bulletin santé

Agence de la santé publique

Capsule santé
Vous allez voyager outre-mer cet été? Passez de belles vacances en santé et en sécurité [Lire l'article](#)

Les saveurs de l'été au menu!
Les aînés échangent des idées sur la façon d'agréments nos repas pendant la saison d'abondance... [Lire l'article](#)

La grippe aviaire
 Renseignements généraux
 Lavage de mains 101

Point de mire

Météorologie

Organisation mondiale de météorologie_Suisse
www.wmo.ch

Les fonctionnaires de l'Organisation mondiale de météorologie ont réalisé un véritable travail de moine. Le site joue le rôle d'informateur dans les domaines des incendies de forêt, des accidents nucléaires et autres catastrophes à l'échelle planétaire. Le site de la World Meteorological Organization semble cependant avoir un peu de mal à maintenir ses pages Internet en français.

Ifremer, Institut français des recherches pour l'exploration de la mer_France
www.ifremer.fr

L'Ifremer fête cette année ses 20 années d'existence. Grâce à lui, vous saurez tout sur les océans. Outre des bases de données sur la mer, l'Institut offre plusieurs cours téléchargeables. Parmi ceux-ci, un cours général en télédétection pour l'océanographie donné aux étudiants du diplôme d'études approfondies, mais aussi des dossiers sur l'influence des océans sur le climat.

Physique

Physics Web_Royaume-Uni
www.physicsweb.org

Ce site britannique est spécialisé dans la publication d'articles sur le monde de la physique, de l'astrophysique et de la physique nucléaire. Les chercheurs auront accès à une banque d'emplois. Contrairement à d'autres sites scientifiques, *Physics Web* est plus « littéraire » et s'attache moins aux expériences et à l'interactivité. Il n'en demeure pas moins fort bien construit.

La physique c'est fantastique_France
<http://phys.free.fr>

« La physique, c'est fantastique. » La devise de ce site interactif et pédagogique pose dès la page d'accueil les tenants et les aboutissants de ce « bébé » d'un professeur de physique français. L'auteur, enseignant au secondaire, y explique l'effet joule et la dilatation des gaz. L'ensemble est illustré de photographies et le professeur propose des énigmes, et des exercices, pour passionner ses élèves internautes.

Recherche

CNRS, Centre national de la recherche scientifique_France
www.cnrs.fr

Profitez bien du site du CNRS. Il pourrait bien ne plus exister longtemps en l'état. Les chercheurs français, victimes de compressions budgétaires, multiplient les manifestations. Le site demeure cependant très complet. Il n'est pas destiné qu'aux chercheurs de haut vol, puisque tout un chacun y dénichera son bonheur en suivant par exemple des cours de chimie.

Quanthomme_France
www.multimania.com/quanthomme

« Il n'y a pas de crise de l'énergie mais simplement une crise d'ignorance. » Les auteurs de ce site envisagent toutes les solutions possibles et imaginables afin de trouver d'autres sources d'énergie qui n'altèrent pas l'environnement. Si, de prime abord, ce site ressemble à une page personnelle sommaire, il se révèle par la suite très complet.



physicsweb Physics news, jobs and resources

HOME NEWS PHYSICS WORLD PHYSICS JOBS RESOURCES EVENTS BEST OF PHYSICS WEB
 CONTACT US ADVERTISING IOP MEMBERS PRODUCTS & PRESS

physics world

2000
 April
 Contents
 2000
 Index

Latest issue
 Subscribe to Physics World
 Media Information
 Editorial Staff

quick search
 Search Physics World
 Find

Back to article
 Violin basics

CNRS CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Rechercher

Communication du CNRS

Presse

Communiqués et documents de presse

Journal du CNRS

Thème

Agenda

Manifestations

Jeunes

Dossiers multimédia

Documentation

CONTACT WEBMASTER

Le journal du CNRS

Archives des numéros

Version imprimable

L'ENQUÊTE

La peau une frontière à découvrir

VIE DES LABOS

L'ALCÈS : gardien des éphémérides

Découvertes en rafale pour NAOS

Des « chasseurs de nuit » au héliotique ?

Anxiété, convulsion, apprentissage : la même origine cérébrale

ZOOM

Les drogues prises en filature

PAROLE D'EXPERT

Comment rapprocher l'Europe des citoyens ?

IN SITU

Les séismes sous haute surveillance

Comment construire l'Europe de la Recherche ?

Tapis rouge pour les nouveaux venus au CNRS

Le « Projet pour le CNRS » au fil des mois

JEUNES CHERCHEURS

Thomas Duguesne, la tête dans les arbres et les pieds sur terre

EDITO

La peau, à protéger avant tout

ÉCLATS

La grille de calcul passe à la vitesse supérieure

Jean-Michel Lemaire : un chargé de mission pour le « Projet »

À TRAVERS LE MONDE

Mart Maccorini. Le hasard fait bien les choses

Brèves

RENCONTRE AVEC

Le magicien du métal

HORIZON

Le signe s'est révéillé

GUIDE

Corinne Bujas. Des poisons : nature ambiguë

Livres et revues

Vulgarisation scientifique

Palais de la découverte France
www.palais-decouverte.fr

Ceux qui sont en manque d'information scientifique générale seront ravis. Le site du Palais de la découverte est un modèle d'interactivité. Ses fiches, ses ateliers, ses animations sur les sciences de la vie, les mathématiques, la chimie et la physique séduiront les plus jeunes. Les expériences sont présentées sous une forme amusante. Il n'est nul besoin de vous rendre au Palais de la découverte pour voir l'École des rats : « Un rat exécute devant le public des exercices variés. Il parcourt un labyrinthe, appuie sur une pédale pour ouvrir une porte, pousse des trappes, tire un trapèze pour obtenir une bille, etc. » Une section est également consacrée aux enseignants.

Yucky Kids, la science pour les enfants États-Unis
<http://yucky.kids.discovery.com/flash/index.html>

Autant en emporte le Net... Sur *Yucky Kids*, les plus petits suivront les expériences de Yucky, le ver de terre, qui leur posera force questions avant de leur donner les réponses. Et puis, bien sûr, ils ne manqueront pour rien au monde les jeux scientifiques.

Aller plus loin

Sapristi France
<http://docinsa.insa-lyon.fr/docinsa/sapristi/digest.html>

Sapristi est une petite merveille pour la recherche de documents scientifiques. Conçu par les documentalistes de l'Institut national des sciences appliquées de Lyon, il donne de bons outils pour déceler gratuitement des thèses ou des publications scientifiques. Ce site a été réalisé au départ pour la recherche de documents en sciences de l'ingénieur, la spécialité de l'INSA. Il n'y a pas de fioritures mais de nombreux liens. De l'information, rien que de l'information !

Les annales de la recherche improbable États-Unis
www.improb.com

Pourquoi rester tout le temps sérieux ? Laissez-vous aller en surfant sur le site des annales de la recherche improbable. Si vous cherchez une page Web où le farfelu rejoint la réalité, ce site est votre allié. Les auteurs des annales de la recherche improbable veulent vous faire rire sur des sujets scientifiques. Vous apprendrez, par exemple, qu'un médecin canadien a assuré que les femmes voilées sont moins sujettes aux cancers de la gorge, leur voile les protégeant des virus...



Science

CYBERSCIENCES
 La science et la technologie pour tous

Accueil Magazine Nouvelles Questions Dossiers Plan Recherche

ACTUALITÉS

► **Cassini : ça y est !**
 30/05/2004 - La sonde américano-européenne Cassini-Huygens se placera dans l'orbite de Saturne jeudi, après un voyage de sept ans.

► **Fertilité : les protéines en question**
 29/05/2004 - Manger trop de protéines peut nuire à la fertilité, selon une recherche présentée cette semaine au congrès annuel de la European Society of Human Reproduction and Embryology.

► **Un satellite pour prévoir les**

ENKIOSQUE

Libérez Cheetah !
 Les singes africains élevés en captivité devraient être relâchés pour permettre aux populations de se reconstituer, demande un organisme de protection des animaux.

[Lisez la nouvelle...](#)

Rendez hommage aux champions de l'environnement dans votre communauté
Prix canadiens de l'environnement 2004

cybersciences.

Près de **400 000** visiteurs par mois
 Nouvelles, bulletins, forums, dossiers...
 Tout sur l'actualité scientifique au jour le jour

L'un des sites

 de la francophonie

Je veux comprendre
le monde qui change
Je veux explorer
de nouveaux univers
Je veux être de tous
les débats de société

Je lis **Québec Science**



Objectif santé



À ne pas manquer le mois prochain

► Nos journalistes sont allés sur tous les fronts de la santé et de la médecine. Ils nous livrent le mois prochain un dossier exceptionnel qui traite autant de problèmes cardiovasculaires que d'obésité, de cancer que de santé mentale. Ils nous révèlent aussi les dernières découvertes en matière de prévention notamment en ce qui concerne l'alimentation. De plus, ils nous entraînent dans le monde de la recherche où se posent des questions d'éthiques fondamentales : faut-il ou non permettre l'euthanasie et la recherche sur les embryons humains ?

En kiosque le 24 septembre

Pour vous abonner, utilisez le coupon inséré dans le magazine



Science Culture

par Mélanie Saint-Hilaire

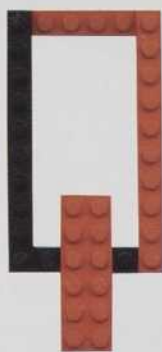


Lego, cube et Meccano

Les jeux de construction font naître de grandes vocations.



Jouet ou œuvre d'art? Un féroce de Meccano a reconstitué un taxi presque hors du temps.



Qui a eu l'idée d'offrir un jeu de construction au jeune Konrad Zuse? Un bon génie, sans doute. En 1925, avec son ensemble de pièces métalliques Stabill conçu pour initier les garçons à la technique, l'adolescent berlinois a créé un modèle réduit de pelle mécanique qui a remporté le concours annuel du fabricant. Ravi, Zuse a fini par se faire ingénieur et par construire le Z1, premier ordinateur binaire commandé par programme, en 1938. La boîte de jeu, ô surprise, contenait une révolution.

Aujourd'hui, la pelle de Konrad a l'allure d'une vieille boîte de conserve. Mais elle est encore chargée de curiosité, de fantaisie, de méthode, de persévérance – tout ce qu'il faut pour former un bon scien-

tifique. « Beaucoup d'ingénieurs ont eu leur premier contact avec la technologie grâce à des jeux de construction qui ont marqué leur vie », croit Annette Noschka-Roos, conservatrice de l'exposition permanente sur les jouets techniques au Deutsches Museum, à Munich (voir l'encadré). « Ces jeux raffinent l'habileté manuelle, en plus de transmettre des expériences et des connaissances. »

Quatre salles aux vitrines remplies de jouets, depuis les premiers casse-tête en bois jusqu'aux répliques high-tech de machines fonctionnant à l'énergie solaire : bienvenue dans le département jeunesse du plus grand musée scientifique du monde. C'est ici, en Allemagne – pays réputé pour ses jouets en bois – qu'ont été créés depuis 200 ans la plupart des jeux de construction.

Le premier à mériter un monument en blocs Lego serait Friedrich Fröbel. En

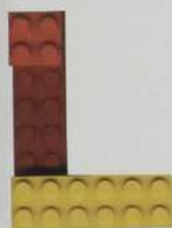
1837, ce grand pédagogue introduisait dans sa garderie éducative – le *Kinder-garten* qu'il avait inventé – un programme utilisant les jeux de construction. Avec des cubes de bois poli, les enfants devaient construire des choses de plus en plus complexes, de la forme géométrique simple à la maison complète. Une comptine devait faciliter l'apprentissage : « Tous les cubes sont là / Devant moi sur la table. / Qui veut construire du solide / Doit bien observer son matériel / S'il est fiable et résistant / Et l'employer le mieux possible. » Un hit! De 1882 jusqu'à la Deuxième Guerre mondiale, dans la seule région du Erzgebirge, cinq grandes compagnies fabriquent des jeux de construction. Tailler dans le bois des morceaux de taille égale, les sabler et les peindre est toutefois une tâche pénible. Plusieurs enfants pauvres y useront leurs menottes.

En 1877, Gustav Lilienthal propose une nouvelle technique. L'architecte a inventé une espèce de céramique qu'on forme dans des moules; les morceaux s'épousent si bien qu'on peut reproduire des chefs-d'œuvre de l'architecture avec une précision étonnante. La recette fait fortune. Avec ses cubes, cylindres et pyramides aux couleurs douces, le jeu Richter Anker-Steinbaukasten permet une grande variété de constructions. Les plans sont conçus par les architectes professionnels de « l'Institut artistique Richter »; les feuillets explicatifs, traduits en 21 langues, sont rédigés dans le jargon du métier. Au début du XX^e siècle, certains raffolent tellement de ce jeu qu'ils élaborent une formation en dessin architectural de modèles réduits, avec titres d'apprenti, de compagnon et de maître.

Mais la révolution industrielle va reléguer

Les Meccano et les Lego ont été un must pédagogique au XX^e siècle. Des générations d'ingénieurs s'y sont adonnés pendant leur enfance.

la pierre au musée. En 1901, un Anglais passionné de technologie, Frank Hornby, met au point un jeu de construction en métal capable de reproduire les merveilles de l'architecture industrielle : les grands ponts ferroviaires, les immenses grues, la tour Eiffel, etc. « Un divertissement pour garçons intelligents », clame ce père de deux bambins. C'est le début de Meccano (Mechanics Made Easy). Ce système – des bandes de métal perforées à intervalles réguliers, assemblées avec des boulons – fait fureur, malgré son aspect terne.



es jeux de construction en métal, qui entendent susciter la créativité sur le plan technique, exigent une bonne dose d'adresse et de réflexion. Pourtant, les gamins adorent. En 1904, est lancée en Allemagne la ligne Stabil, conçue pour les « petits ingénieurs et mécaniciens ». Stabil propose des répliques de machines mues par un moteur, à vapeur ou électrique, et donne ses instructions dans une langue technique soignée. Son succès durera jusqu'en 1944, quand les nazis interdiront de fabriquer des jouets afin de concentrer l'industrie sur la production militaire.

L'armistice annonce le règne du polystyrol. Précise, rapide et bon



Fischertechnik

Le plus grand musée scientifique du monde

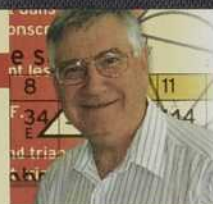
L'ingénieur civil Oskar von Miller rêvait d'une « encyclopédie en trois dimensions » qui montrerait au peuple le fonctionnement des produits de la technologie. Un siècle après la fondation de son Deutsches Museum (« musée allemand »), il aurait de quoi être satisfait. Avec ses 80 000 artefacts issus d'une foule de disciplines et ses 1,4 million de visiteurs chaque année, l'Institution de Munich passe pour le plus important musée scientifique du monde. Entre autres, dans sa collection d'antiquités : la draissienne de Carl Drais, ancêtre de la bicyclette (1817); la première dynamo de Werner von Siemens (1866); la table d'expérimentation sur laquelle Conrad Röntgen découvrit les rayons X (1895). L'endroit a donné le goût des sciences au chimiste Ernst Otto Fischer et au physicien Rudolf Mössbauer, deux prix Nobel. Seul hic : tous les textes sont en allemand (de la documentation et des visites guidées sont cependant offertes en français).

marché, l'injection de matière thermoplastique dans des moules permet de fabriquer en quantité des pièces qui s'arriment solidement. C'est ce que découvre Josef Dehm, qui lance à la fin des années 1940 Idema, brillant système de briques à boutons et trous. Au même moment, le Danois Godtfred Kirk Christiansen dépose un brevet pour son jeu Lego multicolore. Facile et plaisant à manipuler, il contente les amateurs de tous les âges.

En 1964, Artur Fischer crée une brique de plastique dotée de rainures et de boutons sur ses six faces, ce qui permet la construction solide de modèles techniques. Cet inventeur accompli (il possède plus de 1 000 brevets) rêvait d'un jeu de construction qui permettrait à tous de se familiariser de façon amusante avec des principes techniques importants, du simple interrupteur à l'interface d'ordinateur. « Fischer voulait encourager les jeunes à découvrir le monde technique qui les entourait », explique Annette Noschka-Roos. La récompense : un modèle technique fonctionnel, comme ce lecteur de CD proposé dans la gamme Profi Computing de 1991.

S'il vivait encore, Friedrich Fröbel s'amuserait ferme...

par Jean-Marie Labrie



Jeux

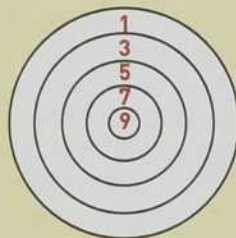
171 Équation avec radicaux

Trouver la racine de l'équation suivante :

$$\sqrt{12x} - \sqrt{3x} = 9$$

172 Visez juste !

Soit la cible ci-dessous. Marie-Pier a lancé six (6) dards qui ont marqué chaque fois. Si la somme des points est un nombre triangulaire, trouver 24 combinaisons possibles.



Solutions

168 Alphamétique anglais pour Jacques Villeneuve

Solution suggérée :

$$836 + 836 + 836 = 1204 + 1204$$

169 Nombres de Pythagore et médianes

Solution suggérée : Soit la figure suivante dans laquelle nous avons prolongé la médiane GM jusqu'en D de façon que le triangle ABC soit isométrique au triangle ACD.

Le point de rencontre B des trois médianes

divise

chaque

médiane dans

le rapport 2 à

1. Considérons

le parallé-

gramme ABCD.

Puisque les deux

diagonales d'un parallé-

gramme se rencontrent en leur

milieu, on a pour BD deux fois BM, c'est-à-dire 20 cm. De

plus, on observe que le triangle DBC est rectangle

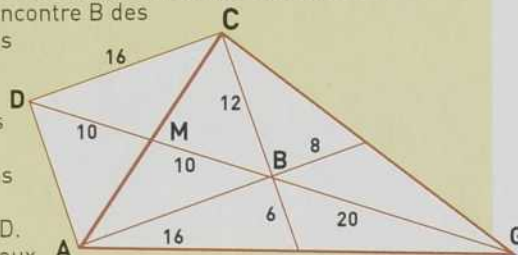
car $(BC)^2 + (CD)^2 = (BD)^2$, c'est-à-dire $12^2 + 16^2 = 20^2$.

Par conséquent, le parallé-

gramme est un rectangle.

Les deux diagonales sont donc de même longueur.

Le côté AC du triangle AGC mesure donc 20 cm.



170 Un alphamétique sous forme de fraction

	O	S	E	R	I
1 ^{er}	8	7	4	1	0
2 ^e	5	2	7	1	8

Solution suggérée

$$8 / 74 = 0,108108108...$$

$$5 / 27 = 0,185185185...$$

Niveaux



débutant



intermédiaire



expert

aujourd'hui le → futur

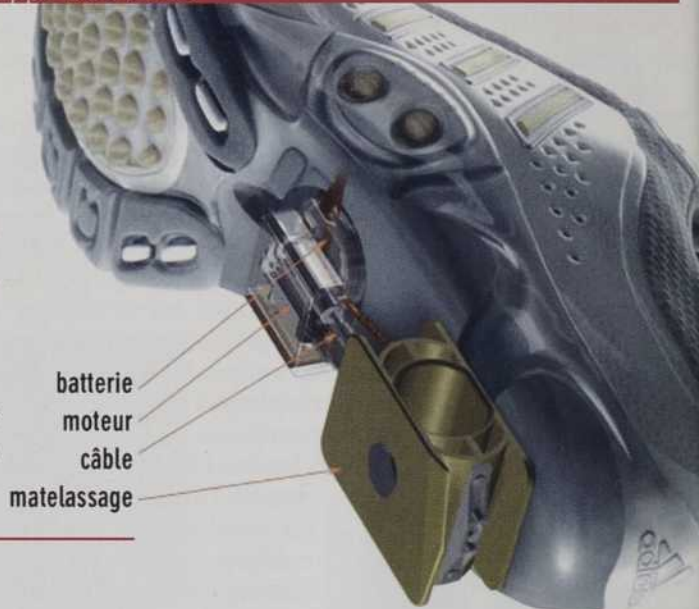


par Philippe Desrosiers

Soulier futé

La compagnie Adidas a développé un soulier qui s'adapte aux conditions du terrain et au style du coureur. Dans la semelle, un microprocesseur de 20 MHz, un capteur et un petit moteur peuvent évaluer et réagir plusieurs milliers de fois à la seconde de manière à procurer une absorption des chocs optimale en temps réel. La chaussure Adidas 1 réduit ainsi le risque de blessures aux articulations tout en ne sacrifiant pas la performance. Le soulier intelligent est attendu en magasin pour Noël. Un cadeau à 350 \$.

www.adidas.com



batterie
moteur
câble
matelassage



Veston solaire

La *Scottevest* permettra bientôt aux accros des gadgets de passer plus de temps loin des sources d'électricité. Cette veste, développée en partenariat avec la compagnie montréalaise ICP Solar Technologies, convertit l'énergie du Soleil en courant. Des plaques photovoltaïques sont situées dans le haut du dos et alimentent un transformateur de la taille d'un paquet de cartes à jouer. À son tour, ce petit appareil transmet l'électricité aux téléphones cellulaires, lecteurs de musique, agenda électronique, et autres, qui sont nichés dans des poches spécialement adaptées. Il faudra déboursier environ 650 \$ pour se procurer le blouson.

www.scottevest.com

www.icpsolar.com

Trouver la balle

Deux inventions vont permettre aux golfeurs de passer plus de temps à... jouer au golf. Les compagnies Visiball Golf Ball Finder et Radar Golf ont toutes deux trouvé des manières de repérer rapidement les balles égarées. La première méthode consiste à se mettre sur le nez une paire de lunettes qui bloque certaines couleurs du spectre lumineux au profit des teintes de bleu. Ce faisant, la petite balle blanche devient extrêmement contrastée par rapport à l'environnement. L'invention de deux chercheurs en physique nucléaire néo-brunswickois est disponible sur leur site pour la modeste somme de 40 \$. La seconde façon met à profit des étiquettes d'identification par ondes radio (RFID) implantées dans les balles et qui permettent de les repérer, jusqu'à une distance de 30 m, à l'aide d'un appareil portatif. Un bip se fait entendre et sa fréquence d'émission détermine la distance qui sépare la balle de son propriétaire. À plus de 300 \$ pour le lecteur et une douzaine de balles, cette technologie n'est rentable que pour le joueur invétéré ou celui qui est extrêmement maladroit.

www.golfballfinders.com

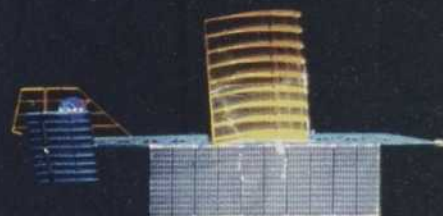
www.radargolf.com



Vol libre

L vole... et pourtant aucun carburant ne se trouve à bord de ce petit avion de 300 g, dont l'envergure dépasse 1,5 m. Une équipe de la NASA et de l'université de l'Alabama a réussi une première en faisant décoller cet aéroplane alimenté et dirigé par un rayon laser. L'engin reste en vol tant et aussi longtemps que le laser lui transmet la lumière captée par une série de cellules photovoltaïques.

La propulsion par laser ouvre bien des possibilités dans le monde de l'aérospatiale. Mais aussi sur le plancher des vaches – dans le domaine de l'automobile par exemple – où des systèmes analogues pourraient maintenir des engins en mouvement sans qu'ils aient à se ravitailler.



TOM TSCHIDANASA DRYDEN FLIGHT RESEARCH CENTER



BienVu!

par Serge Bouchard et Bernard Arcand

La pluie et le beau temps

Madame Météo a-t-elle trop d'emprise sur nos vies ?

Bernard Arcand : On répète que la météorologie est bien imparfaite. Il faudrait ajouter qu'elle résume admirablement la plupart des principales forces et faiblesses de la science moderne. D'abord, le travail des météorologues reste fondé sur l'observation d'informations empiriques parfaitement crédibles. Car c'est en surveillant le mercure et la pression barométrique, en calculant la force des vents et le degré d'humidité ambiante que ces experts évaluent les chances d'aller, demain midi, déjeuner sur l'herbe. Observations, mesures, calculs, hypothèses, prémisses, induction et démonstration, la météorologie est une science comme les autres. Une démarche honnête pleine de bon sens et de bonne volonté.

D'autre part, les météorologues sont en quelque sorte devenus une référence absolue : « Ils annoncent du beau temps pour samedi », « Ils prévoient du vent lundi ». De la même manière qu'ailleurs « Ils disent que la cigarette tue et que le café nuit ». C'est en résistance à l'autorité et en dérision du pouvoir que nous nous moquons de leurs pronostics erronés. Néanmoins, la météo occupe une place privilégiée dans la vie de la nation et la télévision lui accorde beaucoup d'attention. Le temps qu'il fait ne répond plus à la volonté divine, la chose échappe à tous les programmes gouvernementaux; il résulte désormais des prophéties de la météo. Par temps maussade, on saura qui blâmer.

Malheureusement, la météorologie demeure la science du très court terme. Les bulletins couvrent à peine trois ou quatre jours et les prévisions sont révisées à toute heure et sans répit. Pis encore, la référence quotidienne à la notion de *moyenne* crée l'impression que rien ne change au delà de quelques degrés d'écart de la normalité absolue. Or, la science des résultats immédiats a toujours constitué une menace. Laisser entendre que le climat demeure constant pourrait nous mener à la catastrophe.

Serge Bouchard : Le temps change, voilà bien le problème. L'air est une masse instable qui suit des courants. Une masse pareille à un fluide qui se fraye un chemin, coûte que coûte, dans un sens, celui d'un fleuve dans le ciel, celui d'un océan invisible sus-

pendu au-dessus de nos têtes. La météorologie est la science des humeurs. Le mot « caprice » vient à l'esprit. Cela donne des vents qui caressent ou décoiffent, qui réchauffent ou glacent, qui mouillent ou bien assèchent. Les cycles encerclent d'autres cycles. La saison des amours succède à la saison des labours. Il est un temps pour tout; pour le doux, pour le dur. Beau temps, mauvais temps, ils reviennent à l'écran, le monsieur et la madame de la météo.

Et quand deux cambriennes (de roches) se parlent, elles ont mémoire du temps qu'il fait, qu'il a fait, qu'il fera. Les roches sont des animatrices météo. « Tu te souviens de ces temps chauds, de ces millions d'années où les vagues de chaleur venaient les unes après les autres se briser

sur nos têtes ? Tu te souviens du soleil implacable que rien ne parvenait à cacher et qui faisait que nous cherchions de l'ombre dans nos rêves les plus fous ? Oui mais il y a eu ces froids terribles, à pierre fendre, cette glace lourde qui nous a scarifié la face, et ces eaux de fonte, ces torrents, ces mers et ces tumultes... »

Météo, l'imprévisible course des nuages et du vent, l'imprévisible prévision, futurologie tragique; je ne suis pas sûr que nous voulons vraiment savoir avant ce qui nous tombera dessus après. Je fais de la température. L'écran radar finira par détecter un jour un petit point, une fin de semaine absolument pourrie, le noyau dur de notre destin. Cela nous intéresse plus que le téléjournal puisque cela s'appelle la fin des temps. **CS**



Tout l'été,
des **mordus de météo**
sont venus **nous montrer leur savoir-faire** au Biodôme de Montréal.
Leur but, devenir

La **RECRUE** **météo** 2 0 0 4

Du **27 août** au **24 septembre** prochain,
regardez les **candidats du jour** sur les ondes de **MétéoMédia**.
Votez pour votre **candidat préféré**
sur le site Internet **meteomedia.com**



Partenaires du Forum International de la Météo qui se tiendra à la Cité des sciences et de l'industrie de Paris,
du 14 au 17 octobre 2004.





Lieu unique, innovations multiples

L'Université Laval offre un des meilleurs environnements d'études et de recherche au Canada. Et parce qu'elle participe concrètement à l'avancement des sciences comme à l'amélioration des conditions de vie, elle donne à ses étudiantes et étudiants les moyens de réinventer le monde.

- Première université francophone en Amérique
- Parmi les 10 plus grandes universités de recherche au Canada
- Plus de 225 chaires, instituts, centres et groupes de recherche
- Plus de 1 100 chercheurs
- Plus de 200 programmes de formation aux 2^e et 3^e cycles
- Un quart de milliard de dollars en fonds de recherche
- 4 600 000 dollars en fonds spécial de soutien à la réussite
- Bourses, stages et programmes études-travail

Faites des études de 2^e et de 3^e cycle | Le monde s'ouvre à vous | Jusqu'où irez-vous? À vous de choisir.

www.ulaval.ca



UNIVERSITÉ
LAVAL