

FRER

Québec



Les deux visages du Québec



Volume 38, numéro 10
Juillet-Août 2000, 4,35 \$

Science

www.CyberSciences.com

Seuls dans l'Univers?

OUI

La vie sur Terre
est une exception
astronomique



NON

Mais les
extraterrestres
ne sont que de
vulgaires microbes



Le corps en
réparation



Tourbières :
le sauvetage



Une perle astronomique

La recherche de vie extraterrestre était pourtant en train de devenir sérieuse. Avec le perfectionnement des instruments d'observation, on avait toutes les raisons d'espérer recevoir et décoder les signes d'une vie complexe ailleurs. Sauf qu'après des milliers et des milliers d'heures d'écoute, l'espace reste muet. Bien sûr, il s'en trouvera pour dire que les extraterrestres sont si intelligents qu'ils réussissent à communiquer de manière à ce que l'on ne s'en rende pas compte.



Toutefois, le doute est semé. Quand le bal des ovnis a été ouvert, dans les années 40, l'imaginaire collectif s'était emballé à l'idée d'apercevoir ou même de rencontrer des visiteurs de l'espace. On les pensait verts, ces extraterrestres. Avec des yeux de mouche, une peau de grenouille et un crâne lisse comme un œuf. Mais les récentes percées en astronomie nous ramènent à une question : « Et si nous étions seuls dans l'Univers ? »

Deux scientifiques américains nous rappellent d'ailleurs combien la Terre est une perle rare dans le cosmos ! Leur récente thèse — aussi solide que troublante — nous est ici expliquée par notre collaborateur Vincent Sicotte. En bref, notre planète est une exception astronomique. Et c'est ce côté exceptionnel qui a favorisé l'évolution de la vie. Ne cherchons pas ailleurs, il n'y pas mieux qu'ici...

Bien sûr, cela ne veut pas dire que la vie est inexistante dans le cosmos, mais son évolution nécessite un invraisemblable concours de circonstances, et tellement de millions d'années de patience qu'il y a peu de chances que le même processus se soit répété, affirment ces astronomes. Cela dit, il y a des germes de vie un peu partout : des microbes extrémophiles qui pourraient bien se nicher dans plusieurs astres. Les extraterrestres, des microbes ? L'image que l'on se faisait d'eux en prend un coup ! Mais l'énigme de la vie reste entière.

Un grand prix des magazines québécois

À plusieurs reprises, les lecteurs nous ont signifié à quel point ils avaient apprécié la série *100 ans de science* que nous avons publiée l'an dernier. Il en a été de même dans le monde des médias puisque que *Québec Science* s'est vu remettre le grand prix des magazines québécois, dans la catégorie Dossier, pour cette série de reportages. La récompense, attribuée par l'Association québécoise des éditeurs de magazine, honore tous les collaborateurs qui ont osé ce bain d'histoire scientifique. Bravo !

Le parcours du XX^e siècle, comme nous l'avons proposé à nos lecteurs, a fait état des nombreux progrès réalisés sur le chapitre des connaissances. Autant de pas de géant ! En outre, cela permet de comprendre tellement mieux où on en est maintenant ! N'est-ce pas aussi le mandat d'un magazine d'actualité scientifique ?

Raymond Lemieux

Actualités

Spécial ACFAS 2000



Le 68^e congrès de l'Association canadienne-française pour l'avancement des sciences a permis de prendre le pouls de la recherche québécoise. Plus de un millier de communications ont été livrées à l'Université de Montréal en mai dernier. Voici le compte rendu de quelques-unes d'entre elles qui ont particulièrement retenu notre attention.

par Louise Desautels et Catherine Dubé

5 Hydrogène et éolienne : un mariage électrique

On s'est longtemps demandé comment stocker l'énergie produite de façon irrégulière par le vent. La pile à hydrogène pourrait en fournir le moyen.



piste génétique pour comprendre la leucémie chez les enfants. Ils ont trouvé quelques explications.



6 Un poison démasqué

Un insecticide banni depuis 10 ans, le toxaphène, continue à faire des dégâts. Les chercheurs pensent comprendre pourquoi.

8 Cœur de hamster

Nom de code : UMX7.1. Il est cardiomyopathique. Depuis 30 ans, il a permis aux chercheurs d'effectuer des progrès remarquables en cardiologie. Hommage.

7 Leucémie : pourquoi elle affecte plus souvent les garçons

Des chercheurs suivent la



9 Pas de pétrole dans mon eau !

Que faire en cas de déversement pétrolier à proximité d'une prise d'eau potable ? Lisez le guide !

10 Deux temps, trois mouvements

12 Planète ADN L'agonie de la thérapie génique

par Jean-Pierre Rogel

Chroniques

42 Dimension cachée Le vent dans les voiles

par Raynald Pepin



44 Internet Le grand prêtre du Net

par Philippe Chartier



46 Jeux

par Jean-Marie Labrie

Astronomie



14

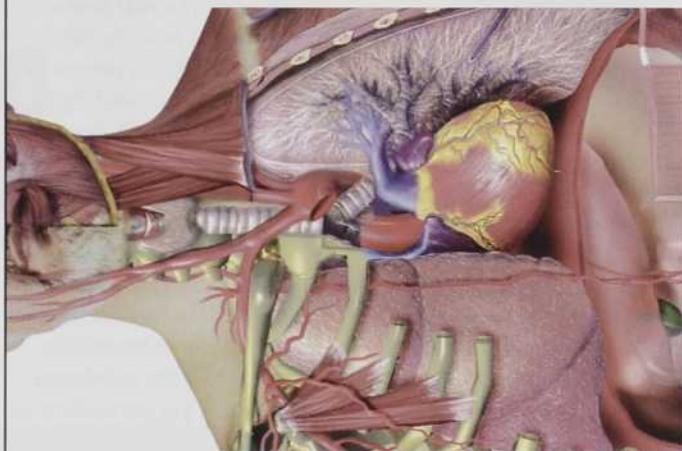
La Terre Les extraterrestres une exception astronomique de vulgaires microbes

Le développement de la vie intelligente exige des conditions tellement particulières que les astronomes se demandent si notre planète pourrait être une exception dans l'Univers.

par Vincent Sicotte

CAP SUR LE FUTUR

6^e épisode



L'homme en kit

28 Le cœur est malade ? Les poumons encrassés ? Les reins mal en point ? L'œil affaibli ? Les vieux os trop fragiles ? Le génie biomédical vous proposera bientôt des pièces de rechange faites de biomatériaux ou de greffes animales. L'homme est-il en train de devenir un simple assemblage de pièces anatomiques pouvant être remplacées ? Un troublant regard sur la médecine de demain.

par Catherine Dubé



34 Tourbières : manipuler avec soin

Longtemps considérées comme des lieux malsains, les tourbières du sud du Québec ont eu maille à partir avec l'agriculture et la foresterie. Des milliers d'hectares de ces écosystèmes fragiles ont été dévastés. Mais on pense aujourd'hui pouvoir les restaurer.

par Louise Desautels

23

Les deux visages du Québec

Un Québec d'enfer ou un paradis sur Terre ? La toponymie nous révèle deux manières de voir la belle province. À vous de choisir où vous irez passer vos vacances !

par Marie-Pier Elie





Épiderme sensible

« Dans l'article intitulé *Le maquillage réinventé* (mai 2000), vous indiquez qu'une équipe de chercheurs français a découvert que la classification des types de peau en quatre catégories (normale, sèche, grasse et mixte) serait erronée. Effectivement, cette classification est beaucoup trop superficielle et ne reflète absolument pas la complexité d'une peau, signale Isabelle Villeneuve, directrice scientifique du Laboratoire Dr Renaud à Outremont. Là où je ne suis pas tout à fait d'accord avec

voire article, c'est lorsque vous dites que l'équipe de chercheurs du CERIES en a fait la découverte. Il serait probablement plus juste de dire qu'ils en ont fait la preuve de façon objective, scientifique.

Le Laboratoire Dr Renaud et d'autres compagnies cosmétiques ont reconnu les limites de cette classification voilà déjà plusieurs dizaines d'années et l'ont abandonnée au profit d'une nouvelle qu'ils ont établie en se basant sur l'observation des nombreux paramètres qui permettent de définir la carte d'identité complète d'une peau.

Des commentaires ?

Vous pouvez nous faire parvenir vos commentaires et suggestions à l'adresse suivante.

Québec Science

3430, rue Saint-Denis, bureau 300
Montréal (Québec) H2X 3L3
Téloc. : (514) 843-4897

Adresse électronique

courrier@QuebecScience.qc.ca

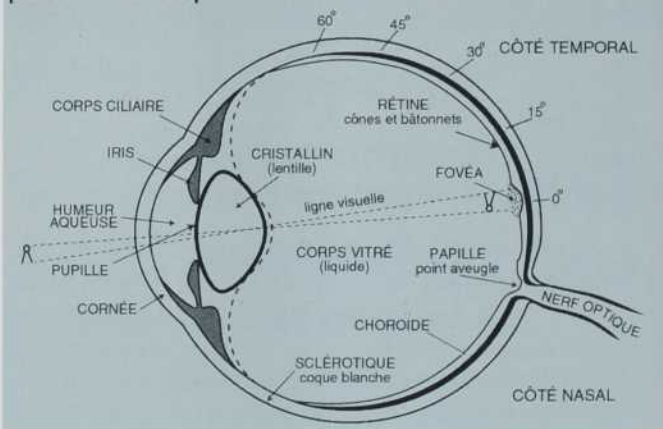
Nous acceptons de temps à autre de communiquer notre liste d'abonnés à des organismes et des entreprises quand nous croyons que leurs produits ou services peuvent intéresser nos abonnés. Cependant, les demandes qui nous sont adressées sont acceptées avec parcimonie à la lumière de la bonne réputation des requérants et de l'intérêt des produits et services qu'ils offrent. La plupart de nos abonnés apprécient ce service. Si vous ne souhaitez pas que votre nom figure sur cette liste, faites-le-nous savoir par écrit en nous indiquant votre nom, votre adresse ainsi que votre numéro d'abonné.

Au cours de leurs études, les esthéticiennes apprennent à déterminer cette carte d'identité de la peau en réalisant ce que l'on appelle dans notre jargon l'analyse de peau selon différents paramètres comme la texture de celle-ci, la quantité des sécrétions sébacées, le taux d'hydratation, et en tenant compte des problèmes de sensibilité, de microcirculation et de pigmentation, de l'aspect du teint, etc. Lors de leur première rencontre avec une cliente, elles doivent

effectuer cette analyse de peau puis la renouveler à chaque visite, car la peau est non seulement complexe, mais son état évolue au fil du temps et des saisons. Il est évident que, faute de moyens, les esthéticiennes ne sont pas équipées d'appareils aussi sophistiqués que ceux qu'utilisent les chercheurs du CERIES, mais l'expérience leur permet en général de définir très précisément les différentes caractéristiques des nombreuses peaux qu'elles examinent au quotidien. »

ERRATUM

Une erreur hors de notre contrôle s'est glissée dans l'illustration parue en accompagnement de la dernière chronique *Dimension cachée*. En effet, il y a eu un décalage lorsque l'illustration a été placée. Il faudrait plutôt lire l'illustration ainsi :



Québec Science
www.CyberSciences.com



Publié par
La Revue Québec Science
3430, rue Saint-Denis, bureau 300
Montréal (Québec) H2X 3L3
courrier@QuebecScience.qc.ca

DIRECTION

Directeur général : Michel Gauquelin
Directeur de l'administration : Marc Côté
Adjointe administrative : Nicole Lévesque

RÉDACTION

Rédacteur en chef : Raymond Lemieux
Ont collaboré à ce numéro : Philippe Chartier, Louise Desautels, Catherine Dubé, Marie-Pier Elie, Jean-Marie Labrie, Raynald Pepin, Jean-Pierre Rogel et Vincent Sicotte

Photos/illustrations : Marc Cuadrado, Christian Fleury, Louise Leblanc, Josée Masse, Patrick McDonnell, Pierre-Paul Pariseau, Rémy Simard, Zappy
Correction : Luc Asselin

PRODUCTION

Direction artistique : François Émond
Séparation de couleurs, pelliculage électronique et impression : Interweb

COMMERCIALISATION

Diffusion et promotion : Hélène Côté
Distribution en kiosques : Messageries Dynamiques

ABONNEMENTS

| Tarifs (taxes incluses) | Au Canada | À l'étranger |
|------------------------------|-----------|----------------|
| 1 an (10 numéros) | 41,35 \$ | 54 \$ |
| 2 ans (20 numéros) | 71,26 \$ | 95 \$ |
| 3 ans (30 numéros) | 98,87 \$ | 139 \$ |
| À l'unité | 5,00 \$ | Non disponible |
| Groupe (10 ex./même adresse) | 37,60 \$ | Non disponible |

Pour abonnement et changement d'adresse

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

Pour la France, faites votre chèque à l'ordre de : Rowecom France, Rue de la Prairie, Villebon sur Yvette, 91763, Palaiseau cedex, France
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. Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés.

Abonnement par Internet
CyberSciences.com/abonnement

ABONNEMENTS ET CHANGEMENTS D'ADRESSE

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

PUBLICITÉ

Carole Martin
cmartin@quebecscience.qc.ca
Tél. : (514) 843-6888 Téloc. : (514) 843-4897

RÉDACTION

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

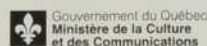
Dépôt légal : Bibliothèque nationale du Québec
Premier trimestre 2000, ISSN-0021-6127
Répertorié dans *Repère* et dans l'*Index des périodiques canadiens*.

© Copyright 2000 - La Revue Québec Science

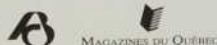
Imprimé sur papier contenant 50 % de fibres recyclées et 40 % de fibres désencrées (post-consommation).

Québec Science reçoit l'aide financière du ministère de la Culture et des Communications (Programme de soutien aux intervenants et événements majeurs en culture scientifique et technique).

Nous recevons aussi l'aide financière du gouvernement du Canada, par l'entremise du Programme d'aide aux publications (PAP), pour nos dépenses d'envoi postal.



Membre de : The Audit Bureau of Circulations (ABC) / CIPA



Le contenu de ce magazine est produit sur serveur vocal par l'Audiotèque pour les personnes handicapées de l'imprimé. Téléphone : Québec (418) 627-8882, Montréal (514) 393-0103

Spécial ACFAS 2000

Le 68^e congrès de l'Association canadienne-française pour l'avancement des sciences a permis de prendre le pouls de la recherche québécoise. Plus de un millier de communications ont été livrées à l'Université de Montréal en mai dernier. Voici le compte rendu de quelques-unes d'entre elles qui ont particulièrement retenu notre attention.

par Louise Desautels et Catherine Dubé

Hydrogène et éolienne : un mariage électrique

Pris individuellement, hydrogène, capteurs solaires et éoliennes ne font pas le poids contre les centrales électriques. En unissant leurs forces, ils peuvent cependant s'approprier une niche, selon l'Institut de recherche sur l'hydrogène.

Depuis janvier dernier, une éolienne trône au-dessus du campus de l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR). Une éolienne classique, avec sa haute tour et son hélice à axe vertical.

Elle passera peut-être à l'histoire. L'Institut de recherche sur l'hydrogène s'en sert pour réaliser l'autarcie énergétique résidentielle. En alliant éolienne, photovoltaïsme et hydrogène, le réseau électrique sera peut-être un jour chose du passé.

En théorie, une éolienne d'une capacité de 10 kilowatts (kW) et quelques panneaux solaires totalisant 1 kW suffisent à approvisionner une maison normale, qui consomme en gros 3 kW par jour, en hiver. En réalité, pourtant, si le vent tombe et qu'il fait sombre, c'est la panne : pas de chauffage ni de four. À l'inverse, quand l'éolienne tourne à plein régime et que le soleil tape fort sur les cellules photovoltaïques, une partie de l'énergie est produite en pure perte. « L'intermittence de cette production nous oblige à trouver des formes de stockage d'énergie, note François



L'éolienne de l'UQTR. La turbine de l'avenir ?

Laurencelle, étudiant au département de physique de l'UQTR. Les tests que nous réalisons prouvent qu'il est possible et même avantageux de coupler l'énergie renouvelable à un électrolyseur et à une pile à hydrogène. »

La solution proposée par l'Institut de recherche sur l'hydrogène consiste à utiliser les surplus d'énergie pour produire de l'hydrogène, le H du H₂O de la molécule d'eau. C'est justement en séparant ces molécules par électrolyse qu'on obtient l'hydrogène. Ce gaz est ensuite emmagasiné sous pression dans un réservoir, alors que

l'oxygène (O) est libéré dans l'atmosphère. Lorsque l'énergie éolienne et solaire se tarit, un « moteur » nouveau genre, la pile à combustible, puise l'hydrogène dans le réservoir et le transforme en électricité par un procédé électrochimique. Le sous-produit de ce procédé est l'eau pure, ce qui en fait l'inverse de l'électrolyse. Aucune combustion, aucune émanation polluante.

« Il existe différentes méthodes pour rendre une maison autonome en énergie sans utiliser la moindre goutte de carburant fossile, précise François Laurencelle. Mais celle que nous avons retenue semble la plus pratique et la plus efficace. » Par exemple, avance l'étudiant-chercheur, si l'énergie était obtenue à partir de batteries comme celles des automobiles, il faudrait tout un étage de la maison pour avoir la même autonomie que fournirait un réservoir d'hydrogène de 38 mètres cubes (environ deux mètres de long). Le réservoir reste à l'extérieur, notamment pour limiter les risques d'explosion de ce gaz aussi inflammable que le propane.

L'association de toutes ces composantes constitue une première au monde. L'équipe de l'Institut a d'abord fait ériger sur le campus une éolienne semblable à celles du parc gaspésien Le Nordais et a installé, à proximité, une dizaine de capteurs solaires de la dernière génération. L'électrolyseur retenu est commercialisé par la compagnie Stuard, de Grand-Mère, et peut produire un mètre cube d'hydrogène à l'heure. Pour sa part, la pile à combustible est un prototype fabriqué par la compagnie Ballard de Vancouver et peut générer 4 kW. Quant au contrôle général, sorte de cerveau électronique capable d'orchestrer les différentes fonctions, il est mis au point à l'Institut même.

« Le système a besoin d'un grand gérant », signale Jean-Marie Saint-Arnaud, directeur

adjoint de l'Institut de recherche sur l'hydrogène. Les logiciels développés visent d'abord le contrôle et la gestion de la puissance générée, c'est-à-dire qu'ils doivent enregistrer le courant qui vient de l'éolienne ou des capteurs pour le diriger tantôt vers la maison, tantôt vers l'électrolyseur, et décider quand entre en fonction la pile à combustible. D'autre part, il faut aussi gérer la demande : pour avoir un système très performant, un logiciel domestique limitera les pointes de consommation, empêchant par exemple les éléments du chauffe-eau de s'activer alors que la sècheuse à linge est en marche, ou proposant des choix de dépense énergétique



François Laurencelle



Capteurs solaires joutés à l'éolienne

à la maison. « Lorsque l'hydrogène entre dans les maisons, la domotique l'accompagnera certainement », assure Jean-Marie Saint-Arnaud.

Si ces logiciels et contrôles électroniques sont encore en développement, le système mécanique est déjà en fonction. « Cet hiver, nous avons mesuré l'efficacité du système, et vérifié dans quelles conditions chacune des composantes agit de façon optimale », mentionne François Laurencelle. Les premiers résultats sont tout à fait encourageants. L'électrolyseur et la pile à combustible ont démontré qu'ils produisaient ensemble beaucoup plus d'électricité qu'ils

n'en avaient eux-mêmes besoin pour fonctionner. Car c'est là une des pierres d'achoppement de ce genre de système : le coût énergétique des ventilateurs, éléments chauffants, compresseurs et autres circulateurs peut rendre tout le montage quasi inutile. Ce qui n'est pas le cas ici.

« Quand nous aurons réussi à récupérer la chaleur produite par la pile pour les usages domestiques, peut-être pour chauffer la résidence, nous pourrions dire que l'ensemble du système offre un bilan énergétique de 80 % », prévoit François Laurencelle. Autrement dit, seulement 20 % de l'électricité provenant de l'éolienne ou des capteurs en période de surplus serait consommée par l'électrolyseur et par la pile pour leur propre fonctionnement. Ce qui semble intéressant pour une énergie qui serait autrement perdue.

Cet hiver, le système a aussi démontré sa capacité à réagir aux variations de demande de la maison. La pile pouvait, par exemple, fournir l'électricité voulue au moment même où un commutateur était actionné, un luxe auquel l'électricité offerte par le réseau nous a habitués. Elle s'est, de plus, avérée capable de supporter les pics de demande. Finalement, elle prenait instantanément la relève de l'éolienne ou des capteurs.

Pour le moment, François Laurencelle croit que ce système serait avantageux pour une maison située en région éloignée, par exemple sur la Basse-Côte-Nord québécoise. « Mais pour une maison d'ici (Montréal), ça revient encore beaucoup moins cher de se brancher à Hydro-Québec », admet-il. L'étudiant-chercheur évalue à plus de 100 000 \$ le coût d'achat de toutes les composantes, dont plusieurs ne sont pas encore commercialisées. En particulier, la pile à combustible retenue contient des pièces en graphite et d'autres en platine, deux matériaux très coûteux. Même en évitant l'achat et le transport du carburant d'une génératrice, la dépense reste énorme.

« Je suis absolument convaincu que l'hydrogène est le carburant de l'avenir », clame Jean-Marie Saint-Arnaud. Et il n'est pas le seul. Plusieurs fabricants de véhicules se préparent à cette éventualité, notamment BMW, qui pousse l'idée jusqu'à faire produire l'hydrogène destiné à ses nouveaux modèles « verts » par des éoliennes en Allemagne. L'hydrogène n'entraîne de la pollution que lorsque des combustibles fossiles entrent dans sa production. Hydro-Québec mise également sur l'hydrogène pour développer le marché européen : le gaz serait produit ici avec l'hydroélectricité, puis chargé sous forme liquide, c'est-à-dire à très basse température, sur des cargos.

L.D.

Un poison démasqué

Un insecticide couramment utilisé jusqu'au début des années 80 continue d'empoisonner l'environnement.

Le toxaphène avait déjà mauvaise réputation. Voilà que son dossier noir s'épaissit : il altère les fonctions immunitaires.

Marc Gauthier a fait cette constatation dans les laboratoires de l'Institut Armand-Frappier. Il y étudiait les neutrophiles, précieuses cellules qui envahissent le site d'une blessure afin d'y détruire les bactéries. Ce sont elles qui forment le liquide communément appelé « pus ».

Mis en contact avec le toxaphène, les neutrophiles sont fortement activés. Ils produisent alors des oxydants (un peu comme lorsqu'on applique du peroxyde pour désinfecter une plaie) et augmentent leur capacité à détruire les globules rouges étrangers. « Autrement dit, explique le jeune scientifique, le toxaphène envoie à l'organisme un faux signal d'alarme. »

Les travaux de Marc Gauthier s'arrêtent ici pour l'instant. Mais ceux d'une chercheuse ontarienne, menés sur deux singes régulièrement exposés au toxaphène, laissent croire que la surstimulation ainsi engendrée entraîne un ralentissement de la réaction immunitaire lors d'une réelle infection. « Nous allons reprendre cette expérience avec un nombre statistiquement valable de souris », dit Marc Gauthier. Si l'hypothèse est confirmée, des enquêtes épidémiologiques devraient être entamées. On pourrait alors établir une corrélation entre la concentration de toxaphène et l'occurrence de maladies associées à des déficiences du système immunitaire comme l'arthrite rhumatoïde. À plus long terme, on songe au développement de traitements et de mesures de prévention.

« Plusieurs années après qu'on eut cessé l'usage du toxaphène, rapporte Marc Gauthier, on signalait que la concentration de ce contaminant dans les Grands Lacs n'avait pas encore diminué. » En partie évaporé des champs aussitôt répandu, ou rejoignant les cours d'eau à la première pluie, le toxaphène est absorbé par les

petits organismes. Ses longues chaînes de molécules presque impossibles à briser se concentrent ensuite dans le gras animal.

Utilisé au Canada jusqu'en 1982 comme insecticide agricole, cet organochloré est toujours présent dans la chaîne alimentaire, depuis le plancton jusqu'aux mammifères. Il est même l'un des deux contaminants qui se trouvent aux plus hautes concentrations chez les Inuits du Grand Nord canadien, grands consommateurs de poisson.

L.D.

Leucémie : pourquoi elle affecte plus les garçons

Certains profils génétiques semblent blinder l'organisme contre la maladie. D'autres, au contraire, accentuent sa vulnérabilité.

Comme tous les pédiatres, Daniel Sinnett avait remarqué que la leucémie lymphoblastique aiguë touche davantage les garçons que les filles. Ce médecin de l'hôpital Sainte-Justine à Montréal a trouvé une explication à ce phénomène, au cœur même du profil génétique des petits patients.

On sait que le cancer est généralement le résultat de mutations génétiques. Si elles sont parfois spontanées, elles peuvent aussi être causées par des cancérigènes comme la fumée de cigarette ou les pesticides. Or, les jeunes enfants ne seraient pas égaux devant ces ennemis : certains ont un bagage génétique qui les rend plus susceptibles de développer la maladie. C'est que plusieurs de nos gènes peuvent se présenter sous différentes formes. Bien que ces variations n'aient rien de pathologique, elles modifient quelque peu la façon dont l'organisme réagira aux agressions de l'environnement.

Curieux de savoir si certaines formes de gènes prédisposent au développement de la leucémie lymphoblastique aiguë (LLA), Daniel Sinnett et son équipe du Centre de recherche de l'hôpital Sainte-Justine ont analysé l'ADN provenant d'échantillons de sang ou de cellules de 177 enfants malades et l'ont comparé à celui de 304 enfants en santé.



Laurent Leblanc

Pour ne pas perdre de temps, les chercheurs ont ciblé six gènes connus pour leur rôle dans la réponse de l'organisme à l'environnement. Ces gènes ont la haute responsabilité de produire des enzymes tels CYP1A1 et GSTM1 qui contribuent à éliminer les cancérigènes.

Les résultats sont sans équivoque. Certains profils génétiques augmentent sensiblement le risque d'être atteint de LLA. Les chercheurs ont par exemple découvert que les malades présentaient beaucoup plus souvent la forme 2 du gène codant pour l'enzyme CYP1A1. Ils ont calculé qu'un enfant porteur de cette forme du gène était 80 % plus à risque de développer la maladie.

Logique quand on connaît les réactions chimiques qui ont lieu à même les cellules du corps humain. La forme 2 de ce gène métabolise un peu plus rapidement les cancérigènes que les autres. L'organisme accumule alors une plus grande quantité de déchets susceptibles d'engendrer des mutations génétiques préluces à un cancer. Si

l'enfant possède la forme « rapide » des gènes responsables de l'élimination de ces déchets, ce n'est pas si grave; mais si par malheur il possède ceux de type « lent », les risques de développer la maladie sont multipliés. Ainsi, les chercheurs ont calculé que si la loterie de la vie fournit à un enfant la forme la moins désirable pour chacun des gènes étudiés, le risque d'être atteint de leucémie est 330 % plus élevé que pour celui que la nature a gâté.

La comparaison des données entre garçons et filles a aussi réservé des surprises. La forme 4 du gène de CYP1A1 semble être un facteur de protection pour les petites filles. Contrairement aux malades, celles en santé en étaient très souvent porteuses. Pour les garçons, c'est une autre histoire; la forme 4 semble impuissante à les protéger. Et il ne s'agit pas du seul gène pour lequel on a noté un semblable phénomène de variation selon le sexe des enfants. Voilà un début d'explication quant au fait que 60 % des leucémiques sont des garçons. Le mécanisme faisant en sorte

qu'une même forme de gène agit différemment chez les garçons par rapport aux filles demeure cependant bien mystérieux.

Que faire de ces informations ? Le dépistage génétique ne servirait à rien, sauf à inquiéter les parents, car il ne s'agit que de probabilités, souligne le docteur Sinnett. La solution se trouve plutôt du côté de la prévention et de l'éducation, dit-il, en réduisant au minimum l'exposition des jeunes enfants et des femmes enceintes aux pesticides, aux rayons X, aux solvants, à la cigarette, etc. Cela ne peut faire de tort à personne, peu importe qu'on soit génétiquement choyé ou non !

C.D.

Coeur de hamster

Le génie génétique règne en maître dans les animaleries de laboratoire. Seule la colonie de hamsters syriens UM-X7.1 de l'Université de Montréal résiste encore : les croisements qui ont transformé ces rongeurs en modèles d'hypertrophie cardiaque ont tous eu lieu hors des éprouvettes.

A côté des souris de laboratoire génétiquement programmées pour devenir cancéreuses ou diabétiques, les hamsters syriens de la lignée UM-X7.1 font figure d'exception. Sans qu'on ait eu à tripoter leur génome, ces rongeurs développent naturellement une maladie héréditaire du cœur : la cardiomyopathie.

Les petites bêtes cumulent maintenant plus de 30 ans de loyaux services auprès de chercheurs tentant de comprendre les maladies cardiaques. Cette fidèle contribution à l'avancement de la science a été soulignée au dernier congrès de l'ACFAS par une série de conférences portant sur les plus récentes expériences auxquelles se sont prêtés ces hamsters.

La lignée UM-X7.1 débute à la toute fin des années 60, à l'Université de Montréal comme l'indiquent les lettres « UM ». La petite histoire du rongeur commence en fait à Boston, alors qu'un chercheur utilisant des hamsters syriens s'aperçoit que quelques bêtes présentent des symptômes de cardiomyopathie, une maladie du muscle cardiaque qui entraîne une mort prématurée.

Les animaux touchés sont presque deux fois plus larges que leurs congénères en



Le voici. La vedette des labos : UM-X7.1

santé, à cause de l'œdème causé par leur insuffisance cardiaque. Le pathologiste Gaëtan Jasmin, professeur à l'Université de Montréal, aujourd'hui retraité, demande alors un couple de ces animaux malades afin de pouvoir étudier leur anomalie. Sa conclusion : le hamster présente une pathologie semblable à celle de l'humain.

À la suite de la nécrose de cellules du cœur, des lésions fibreuses apparaissent. Pour compenser sa moins grande capacité à pomper le sang, le cœur s'hypertrophie, mais une insuffisance apparaît tout de même. L'animal finit par mourir d'une défaillance cardiaque.

Le docteur Jasmin découvre bien vite que ce modèle animal sera utile non seulement à la compréhension de la maladie, mais aussi à la recherche d'un traitement, car le hamster réagit de la même façon que l'humain aux médicaments qu'on lui administre. Parmi les rejetons de son couple de hamsters, il sélectionne les plus malades pour qu'ils se reproduisent. Il obtient ainsi une lignée d'animaux qui développent la maladie de façon très constante, ce qui assure la fiabilité des résultats de recherche obtenus grâce à eux.

Cinq ou six autres lignées de hamsters cardiomyopathiques ont été mises au point ailleurs dans le monde à partir des animaux du scientifique américain. « Tous les chercheurs vous diront la même chose, mais je crois vraiment que notre lignée est la plus stable », dit en souriant Louis

Dumont, professeur de pharmacologie à l'Université de Montréal. Après 85 générations, tous les hamsters de la lignée UM-X7.1 meurent au bout de 250 jours (un animal en santé vit environ 450 jours), alors que dans d'autres lignées, certains individus survivent jusqu'à 400 jours, preuve qu'ils n'expriment pas tous la maladie avec la même régularité.

L'Université de Montréal fournit des animaux de laboratoire à des chercheurs de Montréal, de Québec, de Sherbrooke et d'Edmonton; elle en a déjà envoyé jusqu'en Allemagne. De petits hamsters cardiomyopathiques d'origine montréalaise sont maintenant élevés au Japon, des chercheurs de là-bas ayant demandé des couples pour démarrer leur propre branche de la lignée UM-X7.1.

La popularité de ce hamster auprès des chercheurs s'explique par le fait qu'il sert de modèle animal pour d'autres affections que la cardiomyopathie héréditaire. Les patients ayant subi un infarctus du myocarde, ainsi que ceux atteints par le diabète, la cardiomyopathie d'origine virale et toute une panoplie d'autres maladies risquent tous de souffrir d'insuffisance cardiaque. Pour l'instant, on ne peut ni prévenir ni guérir ce malaise, mais seulement le contrôler grâce à des vasodilatateurs. Tout traitement améliorant la santé des hamsters cardiomyopathiques sera accueilli avec joie par

nombre de malades.

Mieux on comprendra la maladie, mieux on pourra développer des médicaments efficaces. Un exemple ? On sait que la nécrose des tissus cardiaques survient à cause d'une surcharge d'ions calcium dans les cellules du cœur; les vasodilatateurs disponibles sur le marché sont d'ailleurs des inhibiteurs calciques. Or, il se pourrait bien que la surcharge de calcium soit en fait la conséquence d'un dérèglement des quantités de sodium, un ion toujours en équilibre avec le calcium dans les cellules, soutient Ghassan Bkaily, professeur à la faculté de médecine de l'Université de Sherbrooke. « La compagnie pharmaceutique allemande Merck suit cette piste », dit-il.

Avant même la mise au point de nouveaux médicaments, le hamster syrien se rend fort utile en aidant à développer de meilleurs usages pour ceux qui existent déjà. Louis Dumont a ainsi démontré que l'efficacité des médicaments les plus utilisés dans le traitement de la cardiomyopathie, comme le vérapamil, le mibéfradil ou le diltiazem, variait beaucoup selon le stade de la maladie où ils étaient administrés. Cela lui a permis d'arriver à des recommandations toutes nouvelles concernant l'ordre et la durée d'administration de ces médicaments.

Environ 400 000 nouveaux cas d'insuffisance cardiaque s'ajoutent chaque année aux trois millions dénombrés en Amérique du Nord. Le hamster syrien cardiomyopathique n'a pas à craindre d'être au chômage avant longtemps.

C.D.

Pas de pétrole dans mon eau !

Que faire en cas de déversement pétrolier à proximité d'une prise d'eau potable ? Lisez le guide !

De 1980 à 1990, des bateaux ont laissé échapper du pétrole ou des produits chimiques à plus de 500 occasions dans la voie maritime du Saint-Laurent. Heureusement, aucun déversement n'a contaminé l'une ou l'autre des 42 prises d'eau potable de la portion d'eau douce située entre Cornwall et l'île d'Orléans, qui alimentent près de la moitié de la population québécoise. Et si un accident semblable arrivait ? Un plan d'urgence vient d'être mis en place. Enfin !

« Parmi la longue liste des produits chimiques ou pétroliers qui sont transportés par bateau sur la portion sud du Saint-Laurent, nous avons identifié 19 contaminants possibles des sources d'eau potable », explique Manon Paul, toxicologue au Centre de santé publique du Québec (CSPQ) et coauteure du *Guide d'intervention en cas de déversement en milieu fluvial*. Ces produits sont de trois types : solubles dans l'eau, plus denses que l'eau ou susceptibles de former de nouveaux produits toxiques pour l'humain. Aucune prise d'eau n'est à l'abri, même si la plupart

sont situées à une profondeur supérieure à quatre mètres. « Le pétrole ne contamine pas les sources d'eau potable parce qu'il reste en surface, rapporte Manon Paul. Par contre, un sous-produit pétrolier comme le bitume pourrait le faire. » Le cyanure de sodium, le nitrate d'ammonium et même l'uranium concentré figurent sur la liste des matières solides inquiétantes qui voyagent parfois dans la cale des navires. Des liquides tout aussi toxiques apparaissent sur cette liste, par exemple l'acide sulfurique, l'éthanol ou le toluène.

Le guide, publié par Manon Paul et le toxicologue Philippe Guerrier, présente cette liste de produits, explique les risques qui leur sont associés et propose un protocole d'intervention en cas de déversement, ainsi que des références aux différents organismes locaux. « Nous nous adressons avant tout aux directions régionales de santé publique afin qu'elles puissent agir efficacement en cas de déversement, notamment en termes de communication », mentionne la chercheuse.

On trouve donc, dans ce nouvel outil, un bon « qui fait quoi » où tous les intervenants connaîtront mieux leur rôle en situation d'urgence : la garde côtière canadienne, toujours avisée du contenu dangereux des cargaisons, la municipalité responsable de la qualité de l'eau de ses aqueducs, la Croix-Rouge et la Défense nationale, capables de mettre sur pied un système d'approvisionnement d'urgence en eau potable. Avis aux intéressés ! ●

L.D.



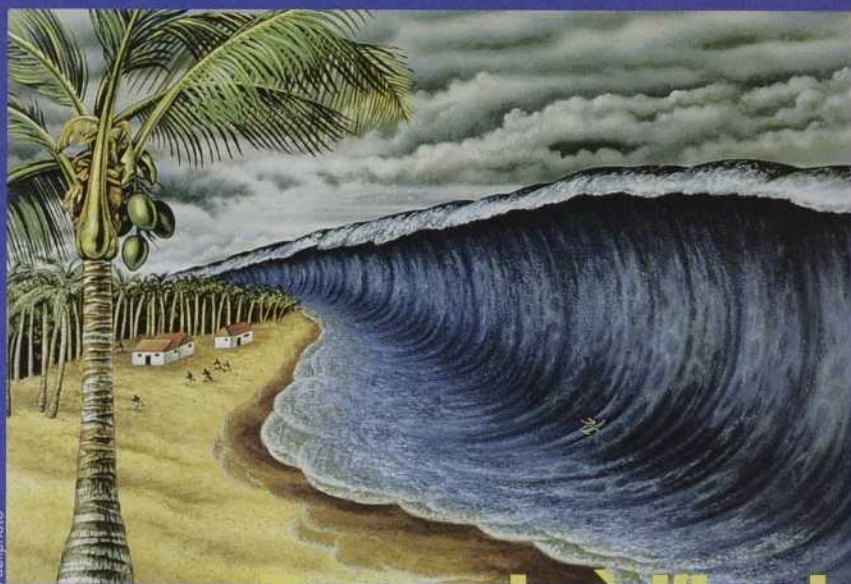
Navires sur le Saint-Laurent. Il y aurait en moyenne par année 50 déversements de pétrole et de produits chimiques dans le fleuve.

Luvu entendu

Jennifer Morgan, du Fond mondial pour la nature : « Les chercheurs doivent faire savoir clairement aux décideurs politiques que pomper le carbone de



l'atmosphère n'est pas la même chose que de l'empêcher de sortir par le tuyau d'échappement d'une voiture ou d'une centrale thermique. » L'activiste déplore du coup que certains pays, comme le Canada, considèrent le taux de croissance de leurs forêts comme une contribution à la lutte contre les gaz à effet de serre. La repousse annuelle des arbres est certes un puissant mécanisme naturel pour capter les gaz à effet de serre, mais le Canada se refuse à tenir compte du fait qu'une fois coupé et transformé, le bois relâche le carbone absorbé par le papier qui se dégrade, par le bois d'œuvre qui pourrit, etc.



Publiphoto

Isunamis à l'horizon

Le fond de l'océan Atlantique est tapissé de fissures qui pourraient réserver de mauvaises surprises à la côte Est américaine. Trois scientifiques américains ont en effet repéré une faille de 40 kilomètres au large de la côte. De telles fissures pourraient provoquer un glissement de terrain entraînant d'énormes raz-de-marée, des tsunamis, dont la hauteur est égale aux vagues provoquées par des ouragans de force 3 ou 4. Les tsunamis pourraient avoir des effets dévastateurs pour les populations de la Virginie, de la Caroline du Nord et de la Baie de Chesapeake. Malgré le fait, disent les chercheurs, que le public soit de plus en plus conscient des risques naturels qui guettent les aires côtières, il est peu informé sur les tsunamis.



Publiphoto

Le bodybuilding: du TOC

Le bodybuilding est probablement un trouble obsessionnel compulsif (TOC). Un psychiatre américain, Eric Hollander, estime que cette pratique est le résultat d'un TOC dans 10 % des cas. Le chercheur vient de terminer une étude clinique – la première du genre – qui confirme l'efficacité d'un traitement psychiatrique fait sur mesure pour les personnes atteintes du *Body Dysmorphic Disorder*. Ce « nouveau » dérèglement psychologique devrait bientôt figurer dans la bible des psychiatres américains, le *Diagnostic and Statistical Manual*.

15 000 internautes reçoivent gratuitement leurs nouvelles scientifiques par courriel.

Inscription à

www.CyberSciences.com/bulletin.

LE CHIFFRE DU MOIS

12 C'est le nombre de milliards d'années-lumière qui séparent la Terre de l'astre le plus vieux et le plus lointain jamais observé par l'humain. L'objet en question est un quasar : son apparence est celle d'une étoile extrêmement lumineuse. C'est Xiaohui Fan, un étudiant à l'Université Princeton aux États-Unis, qui l'a découvert. L'image que nous recevons présentement montre un phénomène tel qu'il existait alors que l'Univers avait moins d'un milliard d'années.

Patins avec facultés affaiblies

La chute et la collision ne sont pas les seuls dangers qui menacent l'adepte du patin à roues alignées : les vibrations ressenties dans les jambes présentent également des risques. Après seulement une demi-heure de balade, les patineurs montrent une importante diminution de leurs réflexes, de leur force musculaire et de leur perception du corps dans l'espace. « Souvent, ils ne réalisent même pas que leurs capacités sont affectées », a observé Cynthia Thompson au cours d'expériences menées au département de kinanthropologie de l'Université du Québec à Montréal (UQÀM). Cette étudiante-chercheuse précise, chiffres à l'appui, que les effets enregistrés n'étaient pas attribuables à la fatigue musculaire ni à la qualité des patins.

Personne ne s'est encore penché sur les effets à long terme de l'activité, notamment lorsque pratiquée fréquemment. Cependant, les vibrations enregistrées s'apparentent à celles que ressent un chauffeur de camion ou un ouvrier manipulant une meule; dans de tels cas, les membres qui encaissent les vibrations souffrent à la longue de troubles aux vaisseaux sanguins et aux fibres nerveuses, l'affection la plus connue du grand public étant celle dite des « mains blanches ».



Marc Cuadrado

Un café bien filtré, S.V.P.

Boire cinq tasses de café non filtré par jour accroît de 6% le taux de cholestérol dans le sang. Le coupable : le cafestol, une substance résiduelle provenant de l'eau versée directement sur les grains moulus. Une expérience effectuée sur des souris par des chercheurs britanniques démontre que le cafestol inhibe le gène cholesterol-7a-hydroxylase. Présent chez l'humain, ce gène active l'enzyme qui convertit le cholestérol en acide biliaire dans le foie. Après avoir consommé du cafestol, les souris ont produit 60% moins de cette enzyme. Il en résulte que l'acide biliaire excrété par le foie diminue. Les chercheurs ne savent pas exactement comment le cafestol agit sur le gène. Chose sûre, les personnes aux prises avec un haut taux de cholestérol sanguin devraient opter pour le café filtre : le papier poreux du filtre absorbe le cafestol.



Le potiron de l'espace

En décembre 2001, un énorme potiron semblable à celui-ci quittera la Terre et s'élèvera à plusieurs dizaines de kilomètres du plancher des vaches. Mis au point par le Centre spatial Goddard, au Maryland, l'Ultra Long Duration Balloon (ULDB) entreprendra un voyage de 100 jours au-dessus de l'atmosphère. Son but : explorer d'autres planètes et la haute atmosphère. Jusqu'ici, la courte période de flottaison des ballons avait toujours été un handicap sérieux aux projets scientifiques. Les techniques informatiques, les nouveaux matériaux et les méthodes modernes de fabrication permettent désormais de créer des engins comme l'ULDB, dont l'espérance de vie est nettement prolongée. Et contrairement aux vaisseaux spatiaux, les ballons scientifiques peuvent transporter de grandes charges, réagir rapidement aux événements et sont peu coûteux. Leur coût, en effet, ne représente qu'une petite fraction du prix des fusées...

Sauvons les chicots !

On les appelait naguère « faiseurs de veuves ». Les chicots, ces arbres morts mais toujours sur pied, ont longtemps été considérés comme un danger pour les travailleurs forestiers. Aujourd'hui, on recommande plutôt de les épargner. De récents travaux sur l'habitat du Grand Pic, effectués par des chercheurs de l'université Laval, confirment pourtant que les chicots sont de loyaux serviteurs des habitants de la forêt. Ils abritent de grandes quantités de fourmis charpentières, un plat très convoité par le Grand Pic, qui y creuse également un trou pour se faire un nid. On estime que la moitié des animaux forestiers comptent sur les chicots pour leur survie.



Dan Sudia



La tempête a commencé à gronder il y a un peu plus de un an. Les difficultés techniques s'accumulaient, les essais piétinaient : nuages noirs à l'horizon pour la thérapie génique. Et le sale temps a déferlé. En septembre, un patient est mort lors d'un essai clinique à Philadelphie. En octobre, une enquête des autorités américaines a révélé qu'il y avait de nombreuses irrégularités dans les protocoles de recherche, et que seulement une minorité d'entre elles étaient rapportées aux autorités.

Il y a 10 ans, pourtant, c'est dans l'enthousiasme qu'on inaugurerait l'ère de la thérapie génique, avec le cas d'une « enfant-bulle » de quatre ans. Le principe était vanté comme simple et efficace : chez une personne atteinte de maladie génétique, on remplace le gène défectueux par un gène sain, ou on ajoute tout simplement ce dernier. Bref, on règle le problème à la source.

Dix ans plus tard, partout dans le monde, on doit déchanter. Non seulement la thérapie génique n'a guéri aucun des 2 400 patients des essais cliniques, mais elle a causé au moins un décès parmi ceux-ci. Que se passe-t-il et que fait-on à partir de là ?

Les experts ont cogité une bonne partie de l'année pour trouver les moyens de sortir de l'impasse. Premier constat : la vision initiale de la greffe de gène était un peu naïve. La réalité est plus complexe. Pour qu'une thérapie génique réussisse, il ne suffit pas d'isoler et de multiplier le gène fonctionnel, il faut trouver un moyen efficace et sans danger de le transporter dans les cellules malades.

Par exemple, dans le cas de la fibrose kystique, il faut atteindre des cellules endommagées du poumon. On utilise donc un transporteur de gène — un vecteur, disent les spécialistes

L'agonie de la thérapie génique

par Jean-Pierre Rogel



—, dans ce cas un adénovirus. Mais ces vecteurs viraux déclenchent souvent des réactions immunitaires négatives, ce qui ne surprend guère. Rusés, les chercheurs tentent alors de les désactiver en les trafiquant un peu, mais ils deviennent alors moins efficaces (il existe aussi des vecteurs non viraux, mais ils ne sont pas encore au point). Une autre difficulté touche l'expression du gène. Inséré dans la cellule malade, le gène correcteur ne s'y exprime pas toujours bien. C'est-à-dire qu'il ne commande pas bien ou pas assez — ou pas assez longtemps —, la synthèse de la protéine fonctionnelle censée guérir le malade. Si bien que les effets bénéfiques des thérapies géniques, quand ils existent, ne sont que temporaires. Au mieux,

ils ne durent que quelques semaines ou quelques mois. On est loin du but !

Du point de vue purement scientifique, il est donc clair qu'il faut revenir aux études fondamentales, en laboratoire, avant de relancer les essais cliniques. En somme, retour à la case départ et moratoire sur les essais. Pourquoi n'est-ce pas la solution qui prévaut ? Ici, il faut évoquer l'énorme pression sociale, créée en partie par le monde de la recherche, pour l'essai de nouveaux traitements dans le cas de maladies actuellement incurables. D'ailleurs, la thérapie génique, initialement prévue pour les maladies génétiques dues au défaut d'un seul gène, s'est vite étendue (en ajoutant quelques astuces scientifiques) au cancer et au sida. Au

Canada, par exemple, sur les 28 essais autorisés jusqu'ici, 25 touchaient le cancer et le sida. Au passage, la thérapie génique a donc changé de cible, et même d'objectif, puisqu'on la présente de plus en plus comme un moyen thérapeutique parmi d'autres, et non comme la greffe ultime, qui règle le problème une fois pour toutes.

Un autre constat s'impose : il existe des liaisons dangereuses entre la recherche et l'argent des biotechnologies. Actuellement, en partie à cause du désengagement des États, la majorité des essais sont financés par l'entreprise privée. S'il y a de bons contrôles gouvernementaux, ce n'est pas un problème. Mais ce n'est pas toujours le cas, et de plus en plus de chercheurs sont eux-mêmes entrepreneurs. Ils sont alors soumis à la logique du profit. Par exemple, le docteur James Wilson, au nom de l'université de Pennsylvanie, conduit des essais cliniques. Mais il est aussi fondateur et actionnaire majoritaire de Genovo, une compagnie de *start-up* cotée en bourse qui essaie d'attirer les investisseurs — et qui se doit donc d'annoncer de temps en temps des succès pour faire « rebondir le titre » à la bourse. Le conflit d'intérêt est évident. En mars dernier, un des ténors de la recherche, Theodore Friedmann de l'université de Californie, demandait dans *Science* que les chercheurs qui ont un intérêt matériel dans les résultats ne choisissent pas eux-mêmes les participants aux essais. C'est la moindre des réformes à faire pour resserrer l'éthique devenue élastique du milieu; il y en aurait quelques autres à proposer. Et peut-être qu'alors la confiance du public reviendrait, en même temps que le retour espéré du « beau temps » sur cette voie de recherche. ●

Bungee pour l'esprit!

Plongez tête première dans un tourbillon d'innovations, d'aventures et de découvertes au nouveau centre iSci. Pour tous les âges et pour tous les goûts, iSci vous invite à découvrir, de façon amusante, le monde captivant de la science et de la technologie. Venez jouer avec la science au centre iSci.

- Trois salles d'EXPOSITIONS scientifiques interactives
- Un cinéma IMAX®
- Un cinéma interactif IMMERSION, en première canadienne
- Des boutiques, des restaurants, des promenades et des places publiques

(514) 496-ISCI 1 877 496-ISCI
www.isci.ca

Le nouveau centre iSci
au Vieux-Port de Montréal

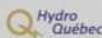


Sciences · Divertissements · Boutiques · Restos

Canada



BOMBARDIER





La Terre une exception astronomique

Les extraterrestres : de vulgaires microbes

par Vincent Sicotte

Janvier 1998. Station Vostok, au cœur de l'Antarctique. Des chercheurs emmitoufflés activent une foreuse, qui remonte les derniers morceaux de la plus longue carotte jamais prélevée : 3 623 mètres. Les derniers mètres sont constitués de l'eau regelée du lac Vostok, le plus grand des lacs antarctiques. Sous quatre kilomètres de glace, ce lac plongé dans une noirceur abyssale est coupé de l'atmosphère depuis au moins un million d'années. Pourtant, le bout de la carotte grouille de microbes.

Comme depuis quelques années, les indices s'accumulent sur les extraterrestres. Les astrobiologistes les ont glanés dans les entrailles de la Terre, au sein des foyers les plus inhospitaliers.

En Afrique du Sud, dans la mine d'or East Driefontein, à plus de trois kilomètres sous terre, la radioactivité du noyau terrestre chauffe les couloirs de la mine à 50 °C. L'air est chargé de méthane et d'hydrogène. Dans le minerai aurifère, des microbes vivent depuis deux milliards d'années, se nourrissant de fer, de manganèse et de soufre.

Au fond des océans, là où la température oscille autour de 2 °C, et la pression autour de 200 atmosphères, des

colonies de microbes se nourrissent de soufre rejeté par des sources hydrothermales.

Ces microbes, on les appelle les extrémophiles. Les premiers avaient été identifiés dans le parc de Yellowstone au cours des années 70. Depuis, ils défraient la chronique des revues savantes.

« On a trouvé des microbes dans à peu près tous les milieux terrestres », dit le planétologue Christopher McKay, du Centre Ames de la NASA. Ce grand mince à la barbe en broussaille les traque comme James Bond les terroristes. De l'Arctique canadien jusque dans les profondeurs de l'Antarctique, du désert de Gobi jusqu'au Néguev, en passant par la Sibérie, le désert Mojave, le Sahara et l'Atacama, au Chili. Et il les trouve. À l'instar de l'agent britannique, ce ne sont pas les individus, mais les organisations qui l'intéressent.

« Que des écosystèmes puissent fonctionner dans les environnements les plus extrêmes, voilà la véritable révolution », explique-t-il lors d'une récente visite à l'université McGill de Montréal. Chiffrer les records de survie en température et en pression, très peu pour lui. « Si l'on abattait ce mur, note-t-il en pointant les vieilles pierres de McGill, c'est certain qu'on trouverait des microbes. Mais trouverait-

omique

obes





on un écosystème où des microbes fabriquent de la biomasse en utilisant de l'énergie chimique ? La vie est seulement significative au niveau de l'écosystème. »

Ces extrémophiles ont grandement contribué à l'émergence d'une nouvelle science : l'astrobiologie. Dans la foulée, la NASA, son employeur, a créé il y a deux ans le NASA Astrobiology Institute, un institut « virtuel » auquel sont rattachés quelques-uns des meilleurs centres de recherche du pays. Des budgets sont réaffectés, des colloques organisés : une science est en train de naître.

Ces environnements extrêmes sont des fenêtres sur l'Univers. Une demi-douzaine d'endroits, dans le système solaire, ne sont pas plus inhospitaliers que les geysers de Yellowstone ou les lacs antarctiques. Le paradigme actuel de l'astrobiologie laisse penser qu'une certaine vie primitive, microbienne tout au moins, serait répandue dans le système solaire, voire dans l'Univers.

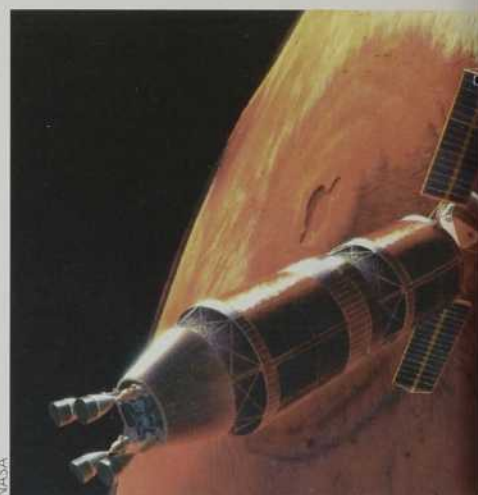
Mais qu'en est-il de la vie complexe ? Les poissons, arbres, oiseaux ou mammifères — animaux et plantes constitués de cellules nombreuses et différenciées —, sont-ils courants ou extrêmement rares ? Les animaux qu'on connaît ont demandé plus de trois milliards d'années pour atteindre leur état actuel de complexité et de diversité. Et cette histoire s'est déroulée dans un

théâtre remarquable de variété et d'équilibre, un Éden luxuriant pourvu d'une atmosphère et de continents baignés par des mers fertiles : la Terre.

Les planètes semblables à la nôtre sont-elles monnaie courante ? Ou, au contraire, la Terre est-elle la perle rare du cosmos ?

Peter Ward et Donald Brownlee se sont posé la question. Respectivement géologue et astronome, Ward et Brownlee ont des bureaux à quelques pas l'un de l'autre, à l'université de Washington de Seattle. Le sujet en était venu à monopoliser leurs conversations de dîner, à tel point qu'ils ont décidé d'en faire un livre. Dans ce livre, tout récemment paru, Brownlee et Ward passent en revue l'histoire de la Terre — que l'un lit dans les planètes et les étoiles, l'autre dans les sédiments et les fossiles — en mettant en évidence les phénomènes qui ont mené à la vie complexe. Le livre s'intitule *Rare Earth*.

Donald Brownlee se spécialise dans l'étude du système solaire, son origine et son évolution. Pour lui, la Terre y occupe une vraie place de « VIP ». Ni trop près, ni trop loin du Soleil, elle est sise dans la zone habitable. Occuper cette zone, « c'est comme être juste à la bonne distance d'un feu de camp lors d'une froide soirée d'automne », dit-il. Cette zone est délimitée par les endroits où l'eau peut subsister sous forme liquide à la surface d'une planète.



Explorer Mars : il le faut ! disent les astronomes. Pour comprendre l'apparition de la vie

Nos deux voisins planétaires illustrent ce concept de façon frappante. Mars, située 50 % plus loin que la Terre, est un désert polaire recouvert d'une couche de permafrost de plusieurs kilomètres, où il fait en moyenne -60 °C. Vénus par contre, 30 % plus près du Soleil, est un enfer où le plomb fondrait. La Terre, vraiment, quelle place de choix !

« Le problème, c'est que la zone habitable se déplace, parce que le Soleil se réchauffe », poursuit l'astronome. Le Soleil est aujourd'hui 30 % plus chaud qu'il n'était il y a quatre milliards d'années. Au fur et à mesure de

SETI en vain ?

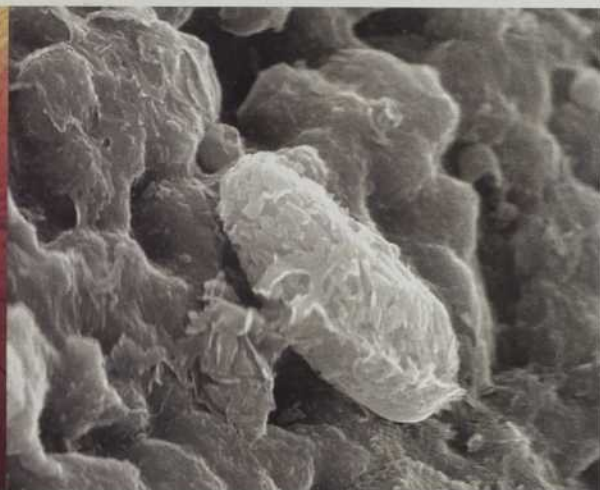
« Il est certain que notre Terre est unique dans le système solaire, dit Hojatollah Vali, chercheur au département de sciences planétaires de l'université McGill. Mais il est présomptueux d'affirmer que des planètes semblables sont rares dans la Galaxie, et encore plus dans l'Univers ! » Selon le chercheur, qui travaille sur ALH84001 (le météorite martien qui montre peut-être des signes de vie), l'hypothèse de la Terre rare est « floue et très controversée ». C'est une hypothèse qui ne peut être directement prouvée ou infirmée, puisqu'elle repose sur un ensemble de facteurs qui ne sont pas connus avec précision. « C'est de la spéculation », affirme-t-il.

Christopher McKay, quant à lui, trouve l'hypothèse crédible. « La vie complexe pourrait en effet se révéler très rare dans l'Univers, dit l'astrobiologiste de la NASA. La vie eucaryote serait beaucoup plus rare (un millier de fois ? un million ?) que la vie procaryote. Et l'intelligence elle-même est peut-être un pas de plus dans la rareté. »

C'est pourquoi il faut aller sur Mars, selon



L'observatoire de l'université de Berkeley en Californie qui participe au programme SETI. Là aussi, le cosmos reste pour le moment muet.



Fossiles de microbes martiens. Âge : 700 millions d'années. La preuve d'une vie ailleurs ?

dépendent de la vigueur de notre « feu de camp ». Le Soleil est-il représentatif des étoiles en général ? « Pas du tout, répond Donald Brownlee. C'est un mythe. » En effet, 95 % des étoiles de la Galaxie sont moins massives. Les étoiles les plus courantes sont celles dites de type M, qui font à peine 10 % de la masse de notre Soleil. Et alors ? L'énergie émise par une étoile dépend fortement de sa masse : une étoile légèrement moins massive émet beaucoup moins d'énergie. Par conséquent, la zone habitable de cette

étoile en sera plus proche. Dangereusement proche.

« Si une planète orbite trop près de son étoile, les effets de marée induiront une rotation synchrone », explique-t-il. La planète sera « verrouillée », présentant toujours la même face à l'étoile, comme deux patineurs qui tournent en se tenant les mains. Parmi les planètes extrasolaires découvertes depuis cinq ans, celles qui sont les plus proches de leur étoile sont toutes en rotation synchrone. Sur ces planètes, il n'y a ni jour, ni nuit. Seulement un côté infernal, constamment

illuminé, et un côté glacial, exposé au froid intersidéral...

D'autre part, les étoiles plus massives que le Soleil, peu nombreuses, ne vivent pas longtemps, quelques dizaines de millions d'années seulement. La vie complexe sur Terre, œuvre du temps, a nécessité des milliards d'années d'évolution. De plus, ces étoiles massives émettent davantage de rayons UV. Ces rayons brisent la plupart des molécules biologiques et, à fortes doses, endommagent l'atmosphère nécessaire à la vie.

Restent donc les étoiles comparables au Soleil. Dans notre coin de galaxie, les deux tiers de ces étoiles sont en couple ou en ménage à trois (ou davantage). Tant mieux pour elles, mais tant pis pour la vie. Il est difficilement concevable, dans de tels cas, que des planètes puissent graviter sur des orbites stables.

Même parmi les étoiles qui restent, la nôtre semble spéciale. Elle est environ 25 % plus riche en métaux (les éléments plus lourds que l'hélium) que ses consœurs. Et ce sont ces éléments qui forment les planètes. « Notre Soleil n'est pas une étoile typique », résume Brownlee.

Si nous avons tiré un numéro gagnant à la loterie des étoiles, on pourrait en dire tout autant pour le tirage des lunes. La nôtre est « née en catastrophe », à cause d'une collision, tout à fait aléatoire, entre la

ce réchauffement stellaire, la zone habitable migre vers l'extérieur. Malgré cette lente migration, il existe une petite partie de cette zone qui demeure continuellement habitable durant toute la vie du système solaire. Cette zone serait très étroite : de 0,95 à 1,15 ua (la Terre est à 1 unité astronomique). Ainsi, dans notre immense système solaire, jusqu'à Pluton, il n'existerait qu'une mince bande — 0,5 % de largeur — propice au développement de la vie complexe.

La position et la largeur de la zone habitable

lui. Pour y chercher des microbes, et déterminer si leur code génétique et leur ADN sont différents du nôtre. Le fait de trouver une « deuxième genèse » détruirait complètement l'argument de la rareté de la vie complexe. « Toutes nos discussions, en ce moment, sont basées sur un seul point de données : la Terre. Mars est le meilleur endroit pour aller chercher un deuxième point, grâce auquel on pourra tester cette hypothèse. Mars est une clé pour la compréhension de la vie. »

En montrant les conditions exceptionnelles grâce auxquelles la vie primitive s'est complexifiée, l'hypothèse de la Terre rare démolit le paradigme lancé avec la révolution copernicienne, qui a fait de la Terre un cailou bien banal.

Tous les efforts de recherche de vie intelligente dans l'Univers se basent sur

ce changement de paradigme : la vie étant si rare, l'Univers ne fourmille peut-être pas de vie extraterrestre. Astronome membre de l'institut Search for Extraterrestrial Intelligence (SETI), **Seth Shostak** est l'un des plus ardents promoteurs de la recherche de civilisations extraterrestres. Pour lui, l'hypothèse de la Terre rare repose sur une analyse

biaisée, parce que c'est justement cette Terre, apparemment si adaptée à la vie complexe, qui nous a fait évoluer !

« Environ 1 étoile sur 10 est similaire au Soleil, et cela veut dire qu'il y en a des dizaines de milliards dans notre Galaxie », écrit-il sur le site de SETI. « Ce n'est pas vrai ! » répond Donald Brownlee. Ce dernier ajoute toutefois, plus nuancé, qu'il est difficile de déterminer la fraction d'étoiles comparables au Soleil, parce qu'on connaît très mal les étoiles de faible masse. Alors, qui dit vrai ? « Le pourcentage d'étoiles comparables au Soleil serait plutôt autour de 75 % », affirme quant à lui Serge Demers, astronome spécialisé en populations stellaires, à l'Université de Montréal.

Au-delà de cette bataille de chiffres, une chose est sûre, pour Brownlee : le Soleil occupe une position privilégiée dans la Galaxie, il est situé dans une véritable « zone habitable galactique ». Les étoiles plus éloignées du centre galactique contiennent en général moins de métaux pour former des planètes. Celles qui sont situées plus près, par contre, sont exposées à de plus fréquentes collisions ou interactions, à cause de la densité plus élevée d'étoiles. Finalement, les étoiles situées en dehors du plan galactique contiennent elles aussi beaucoup moins de métaux ; pas assez pour former des planètes, selon lui.

Shostak répond à cela que des modèles théoriques n'interdisent pas la formation de planètes même pour des étoiles faibles en métaux. La découverte et l'étude de systèmes planétaires contenant des planètes telluriques permettra peut-être de trancher la question.

« Est-ce que la vie complexe exige une lune massive ? » se demande Shostak. Tous s'accordent sur l'effet stabilisant de la Lune, mais l'astronome du SETI soutient qu'un changement de l'obliquité terrestre, sur une période typique de 10 millions d'années, ne serait pas fatal à la vie complexe. « C'est difficile à dire, répond Peter Ward. Mais lorsqu'on regarde Mars, où l'on sait que de tels basculements ont eu lieu, on imagine mal que le climat puisse le supporter. »

« Notre système solaire et la Terre ont de la "personnalité" », concède finalement Shostak. Ils possèdent des particularités peut-être rares dans les autres systèmes planétaires. Pour lui, cependant, ces particularités ne sont peut-être pas nécessaires à l'évolution de la vie complexe dans l'Univers. En fait, nous avons peut-être été dérobés de certains phénomènes qui auraient pu accélérer l'évolution sur Terre. « Nous sommes peut-être moins chanceux que nous le croyons. Qui sait si des créatures sur d'autres mondes ne considèrent pas, en se désolant, la nature de notre planète ? »



Seth Shostak



jeune Terre et une proto-planète de la taille de Mars (voir Québec Science, nov. 98).

Le résultat de cet impact est une Lune exceptionnellement massive, si on la compare aux autres du système solaire. Or, la Lune a stabilisé l'axe de rotation de la Terre, et donc le climat. Toutes les planètes telluriques, de Mercure à Mars, ont un axe de rotation qui a varié de façon chaotique au cours du temps. Un climat chaotique est peut-être responsable de la disparition des océans sur Mars.

Une autre singularité de notre système est mise en évidence par les planètes extrasolaires découvertes récemment. Nombre d'entre elles ont des orbites fortement elliptiques, de la forme d'un ballon de football. La vie complexe sur une planète à l'orbite trop elliptique est inimaginable. La distance entre l'étoile et la planète, et donc l'énergie reçue, varie trop au cours de l'année.

D'autre part, ces orbites elliptiques sont le témoin d'un passé chaotique. Le délicat équilibre des orbites circulaires, conséquence naturelle de la formation des

que la moitié des espèces vivantes.

Par contre, cette géante, si bienveillante soit-elle, ne doit pas être approchée de trop près. « Le champ gravitationnel de Jupiter, outre son effet protecteur, peut empêcher la croissance des planètes », explique Brownlee. La ceinture d'astéroïdes, avec ses milliers de cailloux orbitant à une distance variant entre deux et trois unités astronomiques, est littéralement une planète ratée. Sa croissance a été empêchée par le puissant champ gravitationnel qui règne à cet endroit, émanant de la géante gazeuse. Celle-ci a même nettoyé complètement certaines bandes de cette ceinture — les lacunes de Kirkwood — où ne subsiste aucun astéroïde.

Un peu plus près de nous (plus loin de Jupiter, donc) se trouve Mars, qui fait à peine le dixième de la masse terrestre : une « Terre ratée », selon l'astronome. Eût-elle réussi à incorporer davantage de matière, qu'elle aurait sans doute pu retenir une atmosphère substantielle et — qui sait ? — des océans. Mais comme elle a grandi à l'ombre de Jupiter, son développement a été inhibé par la puissante influence jovienne.

d'eau. La Terre bénéficie actuellement d'un effet de serre qui augmente de 35°C sa température moyenne, par rapport à une absence totale de CO₂. La mince fraction de CO₂ de l'atmosphère (0,035 %) contrôle donc la température. Et qu'est-ce qui contrôle la quantité de CO₂ atmosphérique ? La tectonique des plaques.

Au cours de leur majestueuse valse, les plaques peuvent se heurter de façon assez disgracieuse. On appelle zones de subduction les endroits où une plaque océanique pénètre sous une autre. Par exemple, presque tout le périmètre de l'océan Pacifique est une zone de subduction, où la plaque Pacifique s'enfonce sous les Amériques, l'Alaska et le Japon. De cette pénétration résultent d'ailleurs la « ceinture de feu du Pacifique », cette chaîne de volcans actifs, comprenant entre autres le mont Saint Helens, aux États-Unis.

En s'enfonçant, la plaque océanique emporte dans le manteau en fusion sa couche de sédiments, qui contient des carbonates divers, notamment du calcaire. Cette couche de calcaire sédimentaire provient de la désagrégation des roches terrestres par l'éro-



Membre d'un système solaire où règnent l'ordre et le calme, accompagnée d'une étoile et d'une lune peu communes, notre planète est un astre bien spécial. Peut-être unique.

planètes, a dû être bouleversé par des frôlements et des collisions interplanétaires, voire des éjections de planètes (voir Québec Science, sept. 99). Ces orbites elliptiques, qui s'avèrent communes, semblent indiquer que les catastrophes qui détruisent la belle harmonie des systèmes planétaires sont courantes. Notre système solaire, modèle d'ordre et d'équilibre, a échappé au grand bouleversement. Une rareté !

De plus, il a son gardien : une géante bienveillante. La planète Jupiter semble avoir joué un rôle prépondérant durant la formation du système solaire. Elle en a nettoyé la moitié intérieure, entre Saturne et le Soleil, des innombrables cailloux qui ne s'étaient pas agglomérés en planètes. Au-delà de Saturne, en effet, une myriade de cailloux subsistent dans ce qu'on appelle la ceinture de Kuiper. On estime qu'en l'absence de Jupiter et de son effet nettoyant, les collisions entre la Terre et, disons, un caillou typique de 10 kilomètres seraient 10 000 fois plus fréquentes. La dernière fois qu'une telle collision est survenue, les dinosaures ont disparu — ainsi

Or, Mars est à peine 10 % plus près de Jupiter que la Terre. Notre planète a grandi tout juste hors de portée des griffes du monstre !

Si Jupiter avait été plus petite ou plus éloignée, le taux d'impact aurait été plus élevé sur Terre. Si elle avait été plus massive ou plus rapprochée, elle aurait sans doute perturbé la croissance de la Terre. Et cette dernière semble juste de la bonne taille : « Size does matter ! » dit Peter Ward.

Géologue et paléontologue, Ward partage son temps entre les sites fossilifères et le fond des mers. Selon lui, la taille de la Terre est critique dans le fonctionnement de la tectonique des plaques. Et alors ? « La tectonique des plaques est sans contredit le facteur le plus important dans le développement de la vie animale sur Terre » dit-il.

Elle est un véritable « thermostat planétaire », selon lui. La température sur Terre est le résultat d'interactions complexes entre l'intérieur de la planète, sa surface et son atmosphère. En particulier, elle dépend fortement de la présence de gaz à effet de serre, comme le gaz carbonique et la vapeur

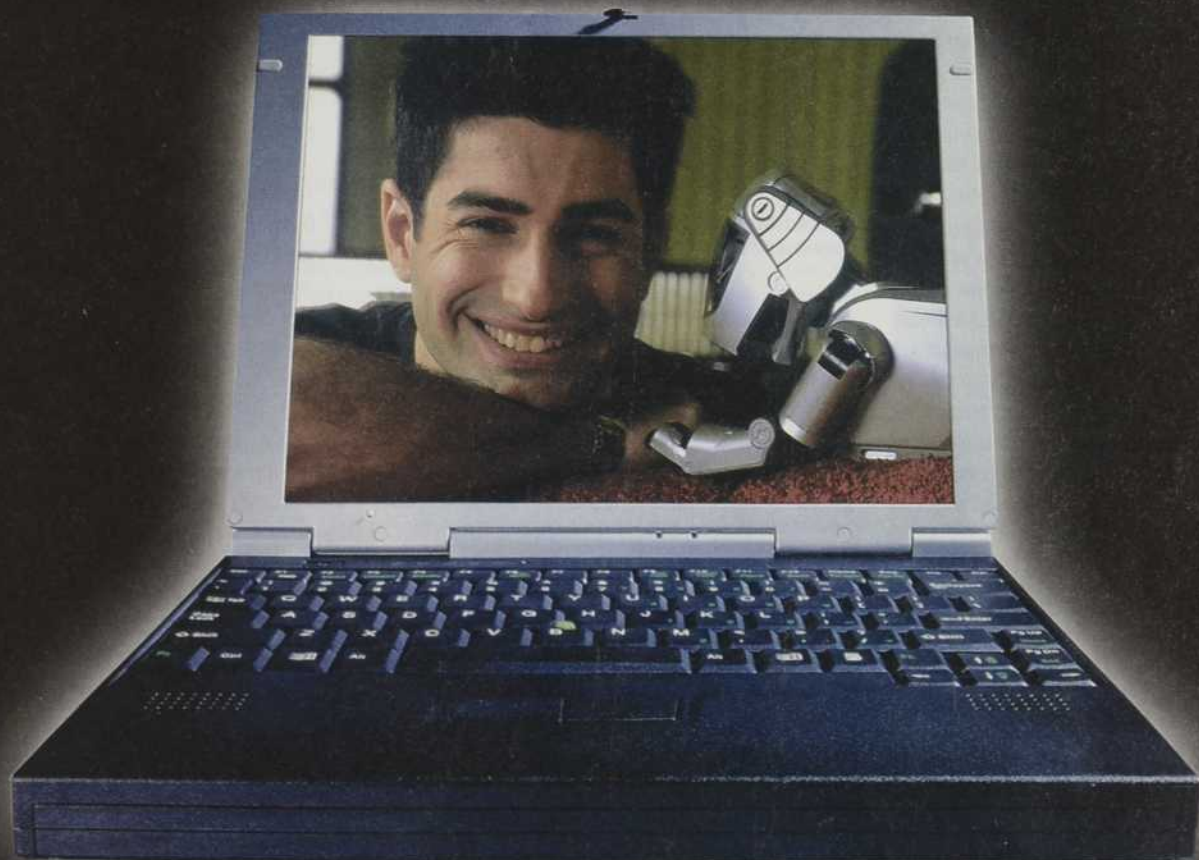
sion. La grande chaleur régnant dans le manteau décompose ce calcaire sédimentaire en calcium et en gaz carbonique. Puis, ce gaz est largement rejeté dans l'atmosphère par les volcans.

Lorsque la quantité de CO₂ dans l'atmosphère s'accroît, l'effet de serre est accentué et la température augmente. Ce réchauffement accélère les réactions physico-chimiques de l'érosion. Cette érosion accrue produit plus de calcaire sédimentaire, en soustrayant davantage de CO₂ de l'atmosphère. Le CO₂ diminuant, l'effet de serre s'atténue et la température baisse. Mais lorsque la planète se refroidit, le rythme de l'érosion diminue aussi. Dès lors, la quantité de CO₂ augmente à nouveau, puisque les volcans en crachent continuellement, et la planète se réchauffe. Ce cycle du CO₂ fonctionne seulement si le gaz carbonique (et le calcium) est continuellement remis en circulation par l'activité tectonique.

Pendant des milliards d'années, ce cycle remarquable a maintenu dans l'atmosphère une concentration adéquate de CO₂, et donc

La revanche des nerdZ

à votre écran



animée par **Patrick Masbourian**

Du lundi au jeudi **19 h**

Rediffusion **12 h**

www.ztele.com



la télé
du futur



la température de la planète. « Pendant trois milliards d'années, la température terrestre est restée entre 0 °C et 40 °C », explique Ward. Cet ajustement précis de la température est nécessaire à la vie animale.

La tectonique des plaques semble également responsable de la plus puissante protection imaginable contre les rigueurs de l'espace : le champ magnétique terrestre. La Terre, comme les autres planètes, est constamment bombardée de rayons cosmiques très énergétiques, produits par le Soleil et des étoiles environnantes. Sans mouvement des plaques, le noyau de la Terre refroidirait moins vite, et il semble que le géomagnétisme « s'éteindrait ». Du coup, les rayons cosmiques s'abattraient sur Terre, telle une pluie de feu.

« De plus, la tectonique des plaques favorise la biodiversité parce qu'elle accroît la complexité environnementale », explique le paléontologue. Des continents au relief varié, des océans sous toutes les latitudes, une myriade d'îles : un monde d'une telle complexité offre davantage de défis évolutifs qu'un monde dominé par les océans ou par la terre ferme, sans tectonique.

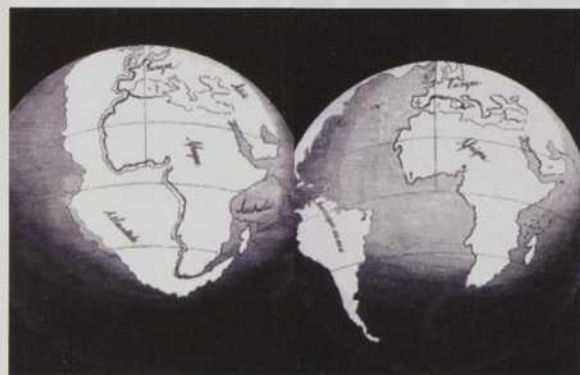
De plus, la séparation des continents, en empêchant la libre circulation des gènes, accroît la différenciation des espèces. « Et la biodiversité est la meilleure défense contre les extinctions de masse », ajoute-t-il.

Sur Terre, il y a eu une quinzaine d'épisodes d'extinction massive durant le

breux phylums (des souches primitives indépendantes), dont les édiacariens, des créatures marines au corps mou, plusieurs groupes de trilobites, ainsi que des mollusques primitifs. On ignore la cause de l'extinction cambrienne. Or, tout de suite après est survenu un événement unique dans l'histoire de la vie terrestre : la fameuse explosion du cambrien.

Cette formidable multiplication des formes de vie a fait apparaître, en un temps relativement court, la trentaine de phylums animaux encore aujourd'hui sur Terre : les éponges, les insectes, les étoiles de mer, les oiseaux et les mammifères, par exemple. Aucun autre phylum n'est apparu depuis. Quelle étincelle a provoqué l'explosion cambrienne ?

Les chercheurs ont une hypothèse, « très spéculative », précise Ward. Cette extraordinaire explosion de vie a été précédée par un autre événement non moins extraordinaire : la Terre en tombeau de glace. La surface du globe aurait été presque entièrement recouverte d'une épaisseur de un kilomètre de glace, alors que la température moyenne avoisinait les -50 °C. En comparaison, les récentes ères glaciaires ressembleraient à de petits coups



La tectonique des plaques. Ce phénomène géologique est sans contredit le facteur le plus important dans le développement de la vie animale.

dernier demi-milliard d'années, dont cinq ont éliminé respectivement plus de la moitié des espèces vivantes. L'extinction du cambrien est une des plus intéressantes.

Cette extinction, survenue il y a 550 millions d'années, a fait disparaître de nom-

Muséobus

Pour RECEVOIR le Musée mobile CHEZ-VOUS...

Des expositions interactives pour découvrir les sciences tout en s'amusant!

- ☑ Communiquer en tout SENS
- ☑ Atelier MÉTÉO
- ☑ LABO mobile



Pour VENIR visiter le Musée à Ciel ouvert...

qui interprète la nature, ses richesses, son équilibre

- ☑ Sentiers, jardins d'interprétation, compostage
- ☑ Activités scientifiques: Expositions, ateliers, bricolages, ...
- ☑ Aire de pique-nique, jeux, piste d'hébertisme, ...

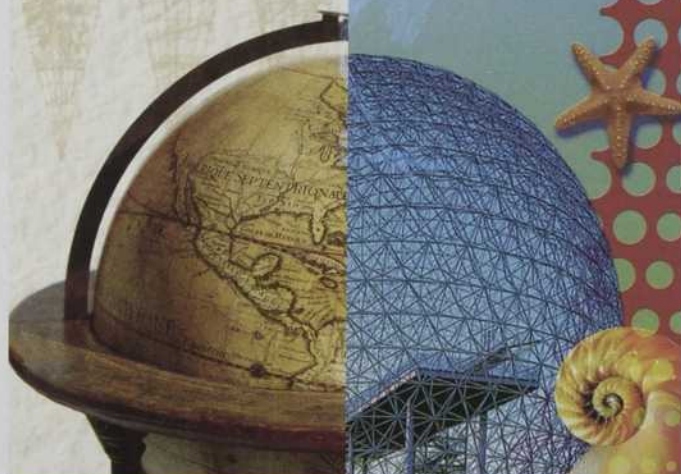


Réervations: (450) 464-0201
760, chemin des Patriotes, Otterburn Park Courriel: info@museobus.qc.ca

Laissez-vous raconter...
la terre

Laissez-vous raconter...
l'eau

sur l'île Sainte-Hélène



MUSÉE
STEWART
AU FORT
DE L'ÎLE SAINTÉ-HELENE

(514) 861-6701

Visite combinée

26 \$ famille
12 \$ adulte
7,50 \$ étudiant (7 ans et +)

Biosphère
Canada

(514) 283-5000

de froid. Pour décrire ce phénomène, le géobiologiste Joseph Kirschvink, du California Institute of Technology, a inventé en 1992 l'expression *Snowball Earth*. Entre 800 et 600 millions d'années avant notre ère, à trois ou quatre reprises, la Terre serait devenue une grosse boule de neige cosmique.

Cette glaciation globale s'explique en partie. La glace et la neige, blanches, réfléchissent davantage l'énergie solaire qui ne peut ainsi atteindre le sol — lequel dès lors se refroidit davantage. Passé un certain point (lorsque les glaces se forment en deçà de 30° de latitude de l'équateur), le phénomène s'emballe : les glaces s'emparent du globe. S'étirant jusqu'à l'équateur, cette chape de glace anéantit toute vie, sauf en quelques niches bien précises (près des

Il y a 2,5 milliards d'années, la Terre avait déjà été congelée de la même façon. À la différence que la brusque libération d'oxygène, à l'époque, aura été la première à survenir dans l'histoire de la Terre. Pour la majorité des organismes vivant à ce moment, des unicellulaires indifférenciés appelés procaryotes et habitués à l'atmosphère de CO₂, l'oxygène était un poison. Cette oxygénation soudaine a dû provoquer la première extinction de masse. Les seuls organismes vivants qui ont survécu sont ceux qui ont réussi à s'adapter par mutations évolutives. Une de ces mutations aurait mené à un rebondissement inédit : les eucaryotes, dont les cellules sont différenciées en noyau, mitochondries, etc. Heureuse invention ! La vie fût-elle demeurée au stade procaryo-

Justement à cause de la rareté du phénomène, on connaît mal ce qui le rend possible ou l'empêche. Mais la masse importe. « Il est possible qu'une Terre 25 % plus ou moins massive n'aurait pas pu entretenir une tectonique des plaques », dit Peter Ward. On se souviendra de l'influence de Jupiter. L'eau semble un élément crucial. Sans eau, les minéraux qui composent les plaques sont trop solides pour se briser et s'enfoncer dans le manteau. Pas d'eau, pas de tectonique des plaques. Mars et Vénus, les planètes sœurs de la Terre, sont dépourvues de l'une et de l'autre.

Toute l'eau de la Terre ne représente que 0,5 % de la masse de notre planète, mais en recouvre pourtant les deux tiers de la surface. Cette eau provient des cailloux qui se sont agglomérés pour former la Terre, ainsi que des comètes qui l'ont frappée par la suite. Quelques cailloux ou comètes de plus ou de moins, et la face de la Terre aurait été différente. « Il est certain qu'un monde couvert d'eau, ou à l'opposé sans océans, n'aurait pu permettre le cycle du CO₂ et le développement de la vie animale, dit Peter Ward. Mais on ignore où tracer la ligne entre ces deux extrêmes. »

Finalement, voici le clou : la Lune est peut-être une clé de la tectonique des plaques ! L'impact dont la Lune est née, en modifiant la composition de la croûte et du manteau terrestres, est peut-être responsable en partie de la structure de la Terre, de sa division en trois couches. Les marées induites dans la croûte terrestre provoqueraient un certain chauffage interne. « Si on réussit à établir ce lien, encore controversé, entre notre Lune et la tectonique des plaques, vous pouvez faire vos adieux à la vie intelligente dans l'Univers », dit Peter Ward.

Membre d'un système planétaire où règnent l'ordre et le calme, accompagnée d'une étoile peu commune et d'une lune rarissime, protégée des astéroïdes par une planète géante heureusement tenue à distance, pourvue d'océans (pas trop !), tempérée très longtemps par la tectonique des plaques (phénomène encore unique), ayant été affligée de plusieurs catastrophes planétaires qui l'ont presque (et heureusement) stérilisée, notre Terre est bel et bien très spéciale. Rare, selon deux chercheurs américains, et peut-être même unique. ●

Pour en savoir plus

Le NASA Astrobiology Institute :
astrobiology.arc.nasa.gov

Rare Earth, P. Ward et D. Brownlee, New York, Copernicus, 2000.



Un caillou qui tombe bien

L'extinction du crétacé-tertiaire, il y a 65 millions d'années, est la seule extinction massive dont on connaît assez bien la cause : l'impact d'un astéroïde sur le sol riche en soufre du Yucatán. Si l'astéroïde en question avait eu un diamètre de 20 kilomètres au lieu de 10, il aurait sans doute complètement stérilisé la Terre. Nous avons eu de la chance, puisque les futurs hominidés, et en général les petits animaux, ont survécu à cet impact qui a exterminé les dinosaures. L'extinction des dinosaures, en laissant le champ libre à l'épanouissement des mammifères, a ouvert la voie évolutive qui mènerait à la suprématie d'*Homo sapiens*. Suprématie assez insouciante d'ailleurs. Cette espèce est en effet responsable d'une véritable extinction de masse se déroulant actuellement. La démographie galopante et ses « dommages collatéraux » (déforestation, pollution, etc.) pourraient faire disparaître deux tiers des espèces vivantes d'ici l'an 2300.

sources hydrothermales, par exemple).

La Terre a pourtant réussi à s'extirper de son linceul de glace — plusieurs fois, même. Comment ? Les volcans, toujours actifs malgré cette glaciation, ont continué d'émettre du gaz carbonique dans l'atmosphère. En l'absence d'eau sous forme liquide pour éroder les roches et capturer ce CO₂, celui-ci s'est accumulé dans l'atmosphère, jusqu'à provoquer un effet de serre qui a fait fondre toute cette glace.

Or, pendant les dizaines de millions d'années qu'a duré la glaciation, les océans ont donc été isolés de l'atmosphère. À la fonte des glaces, les minéraux provenant de l'érosion ont été tout d'un coup saupoudrés dans l'eau, agissant comme un puissant fertilisant. Les algues bleu-vertes (des microbes capables de photosynthèse), soudainement nourries, exposées au Soleil et à l'air frais, se sont mises à produire de l'oxygène en grande quantité. Massive et soudaine, cette libération d'oxygène est peut-être l'étincelle qui a provoqué l'explosion cambrienne, en permettant notamment la formation d'une couche d'ozone et donc la conquête des continents par les animaux.

tique, nous ne serions pas là pour en parler.

Ces deux glaciations globales, il y a 2,5 milliards d'années et 700 millions d'années, ont presque annihilé la vie sur Terre. Mais, en même temps, elles ont peut-être stimulé les grandes percées biologiques nécessaires à la vie animale : l'apparition de la cellule eucaryote et la diversification des phylums animaux. Les extinctions de masse n'ont pas que des effets destructeurs : elles suscitent de nouvelles occasions, qui favorisent les innovations évolutives. Le succès d'*Homo sapiens* est d'ailleurs dû à l'une d'elles (voir encadré). Mais ces extinctions ont-elles été nécessaires pour produire la vie animale ? « Personne ne peut le dire avec certitude. Mais si c'est le cas, alors la vie complexe dans l'Univers doit être incroyablement rare ! », dit Ward.

La tectonique des plaques contrôle la température planétaire, permet le géomagnétisme et suscite la biodiversité. La valse des continents est peut-être une condition *sine qua non* pour que la vie évolue sur une planète. Est-ce un phénomène rare ? Rare n'est pas le mot ! Des neufs planètes du système solaire et de leurs 60 lunes, la Terre est le seul corps à avoir une tectonique des plaques !

T'agis pour

LA FAUNE ET SES HABITATS

avec ma carte Nature VISA Desjardins de la Fondation de la faune du Québec

Un geste concret en faveur de la faune

La Fondation a accordé plus de 25 millions de dollars pour 1 350 projets de protection, de mise en valeur et autres au bénéfice de l'habitat de la faune pour les poissons, les cervidés, les oiseaux, les amphibiens, etc., répartis sur tout le territoire du Québec, entraînant des investissements totaux de plus de 100 millions de dollars pour une faune abondante et diversifiée.

Nature VISA Desjardins, la seule carte de crédit pour la faune offerte par une institution financière entièrement québécoise pour assumer nos obligations envers la faune sauvage.

Nature VISA Desjardins, des milliers de dollars pour la faune. Une partie des revenus générés par votre carte Nature VISA Desjardins est retournée à la Fondation pour appuyer sa mission. De plus, un montant de 20 \$ sera prélevé annuellement de votre compte, pour lequel la Fondation vous émettra un reçu d'impôt.

MILIEU URBAIN
par Daniel Gagné

Nature VISA Desjardins,

Choisissez votre carte parmi
trois nouveaux visuels !



MILIEU AQUATIQUE
par Ghislain Caron



MILIEU FORESTIER
par Robert Gérard

LA carte qui peut vous faire gagner un voyage de rêve en pourvoirie

Tirage d'un séjour de rêve en pourvoirie parmi tous les détenteurs qui posséderont une carte Nature VISA Desjardins au cours de l'année 2000, grâce à la collaboration de la Fédération des pourvoyeurs du Québec et de VISA Desjardins.

Rabais en pourvoirie aux détenteurs de la carte Nature. Communiquez dès maintenant avec la Fédération des pourvoyeurs du Québec au (418) 877-5191 ou sans frais au 1 800 567-9009 ou recherchez le logo de la Fondation de la faune dans le *Guide de la pourvoirie, édition 2000*.

Nouveau !

La carte Nature VISA OR *Odyssée* Desjardins

Un monde sans frontières pour seulement 70 \$ par année

Pour obtenir plus d'information, communiquez avec la Fondation de la faune du Québec au (418) 644-7926 ou sans frais 1 877 639-0742 ou avec VISA Desjardins au 1 800 363-3380.

Visitez nos sites Internet : www.fondationdelafaune.qc.ca ou www.desjardins.com





Les deux visages du Québec

par Marie-Pier Elie

Le Québec a deux visages. En quelques pas, on peut y voyager de l'enfer au paradis... sans même transiter par le purgatoire ! À Mont-Valin, par exemple, le lac Vil côtoie le lac Clémence. De même, le Cap Tourmente (Sault-au-Cochon) et l'Île Enchanteresse (Sainte-Brigitte-de-Laval) sont presque voisins. Au total, la belle province recèle pas moins de 116 noms de lieux (lacs, rivières, barrages, îles...) évoquant le diable... sans compter les Lucifer et Belzébuth ! Ce cher bon Dieu est manifestement devancé : seuls 19 endroits y font référence ! Heureusement, plus de 11 000 saints sont là pour compenser...

Nous espérons que l'inventaire des pages qui suivent vous incitera à aller voir du pays. Et qui sait, peut-être l'envie vous prendra-t-elle de baptiser vos propres petits coins de paradis. Ce dont on se réjouira à la Commission de toponymie, organisme public chargé de la gestion des noms de lieux au Québec. Car son mot d'ordre pourrait se résumer ainsi : des noms ! on veut des noms !

Mais ce petit renflement encore indigne de s'appeler colline, l'insignifiant trou d'eau où se prélassent deux ou trois grenouilles ou encore cette roche qui émerge d'un minuscule lac

avec la prétention d'être une île méritent-ils d'être « officiellement » nommés ? Oui, répond le géographe Christian Bonnelli, chargé de projets à la Commission. « Pour nous, poursuit-il, il n'y a pas vraiment de limites. En fait, on serait bien contents si tous les lieux avaient un nom... et on encourage fortement les gens à nous en proposer ! »

D'ailleurs, depuis 1968, chaque été, des représentants de la Commission parcourent la province pour sortir des milliers de sites de l'anonymat. À maintes reprises, Christian

Bonnelli était du nombre. « Nous sommes allés chercher des noms de lieux dans tout le Québec habité, en demandant, par exemple, à tel cultivateur si le ruisseau dans sa cour avait un nom. Résultat ? De 45 000 en 1968, 100 000 noms sont maintenant répertoriés... en excluant les noms de rue ! »

Ont-ils si bien fait leur travail qu'il ne reste plus grand coin de pays à nommer ? Absolument pas, rétorque le géographe : « Il existe quelque 50 000 lacs nommés au Québec. Or, on estime qu'il y en a 800 000 sur tout le territoire. » À vous, donc, de donner à ces 750 000 étendues d'eau une aura angélique ou démoniaque...

Nommer une parcelle de pays : mode d'emploi

La démarche n'est pas aussi fastidieuse qu'on pourrait le croire. Le tout peut même se faire par téléphone [(418) 643-2817], du moment où l'on fournit à la Commission des coordonnées assez précises de l'endroit choisi, ainsi qu'une courte explication motivant l'attribution de tel ou tel nom. Environ une semaine plus tard, elle fait part de sa décision.

Les sentiments que vous inspirent votre tendre dulcinée pourraient donc être immortalisés si vous nommiez en son honneur ces chutes où vous vous étreignîtes pour la première fois au clair de lune ? Pas si vite ! Chaque semaine, la Commission de toponymie reçoit des demandes du genre, mais elle refuse d'attribuer à quelque endroit que ce soit un nom commémoratif d'après celui d'une personne vivante. « Seuls les noms de personnes décédées depuis plus de un an sont à considérer », précise Christian Bonnelli.

À proscrire également : les désignations péjoratives, grossières... et publicitaires, ainsi que les noms trop banals et/ou déjà fréquemment utilisés. « On a déjà bien assez de lac Vert et de rivière Noire comme ça », dit Christian Bonnelli. D'autant plus qu'il peut s'avérer dangereux d'avoir trop de noms identiques dans un territoire géographique donné : en cas d'alerte au feu de forêt, à la noyade ou pour tout autre accident, il faut à tout prix éviter la confusion.



Un paradis sur Terre



brochet



Les lieux édeniques, les municipalités où on les trouve ainsi que leur latitude et leur longitude

- 1 Parc du Bois-Enchanté**
Saint-Émile
46°52' 71°20'
- 2 Île Enchanteresse**
Sainte-Brigitte-de-Laval
46°57' 71°12'
- 3 Lac Agréable**
Lac-Ashuapmushuan
49°07' 73°10'
- 4 La Bête Céleste (Île)**
Caniapiscou
54°06' 69°47'
- 5 Lac Divin**
Lac-au-Brochet
48°52' 69°13'
- 6 Archipel du Sabot de la Vierge**
Saint-Paulin
46°27' 72°59'
- 7 Trou de la Fée (Caverne)**
Saint-André-du-Lac-Saint-Jean
48°23' 71°58'
- 8 Lac Féérique**
Lac-Jacques-Cartier
47°40' 71°46'
- 9 Île de la Providence**
Kamouraska
47°35' 69°52'
- 10 Lac de la Félicité**
Wentworth-Nord
45°45' 74°26'
- 11 Lac de la Corne d'Abondance**
Lac-Walker
51°00' 67°01'
- 12 Lac du bon Dieu**
Mont-Valin
48°31' 70°20'
- 13 La Rédemption (Paroisse)**
La Rédemption
48°27' 67°53'
- 14 Île de la Charité**
La Tuque
47°22' 72°37'
- 15 Baie Beauté**
Notre-Dame-de-Pontmain
46°12' 75°48'
- 16 Lac Beau**
Rivière-Mistassini
50°19' 72°22'
- 17 Sainte-Angélique (Paroisse)**
Papineauville
45°37' 75°01'
- 18 Lac Doux**
Entrelacs
46°10' 73°59'
- 19 Lac du Sublime**
Rivière-Windigo
47°26' 73°04'
- 20 Lac des Changeantes Harmonies**
Lac-Lenôtre
47°22' 76°04'
- 21 Lac Pur**
Lac-Édouard
47°29' 72°18'
- 22 Mont Céleste**
L'Anse-Saint-Jean
48°16' 70°17'
- 23 Lac du Paradis**
Rivière-Kipawa
47°34' 78°04'
- 24 Parc de la Vierge (Parc public)**
Saint-Germain-de-Grantham
45°50' 72°34'
- 25 Coupe du Ciel (Vallée)**
Mont-Valin
49°56' 70°55'
- 26 Lac Bonheur**
Lac-Minaki
46°49' 73°27'
- 27 Sainte-Félicité (Paroisse)**
Sainte-Félicité
46°58' 69°57'
- 28 Ange-Gardien (Municipalité)**
Ange-Gardien
45°21' 72°56'
- 29 Baie-Trinité (Municipalité de village)**
Baie-Trinité
49°25' 67°18'
- 30 Pointe à la Croix**
Pointe-à-la-Croix
48°01' 66°40'
- 31 Lac Immortel**
Senneterre
47°59' 76°15'
- 32 Cap Éternité**
Rivière-Éternité
48°18' 70°17'
- 33 Lac Éden**
Saint-Stanislas
49°05' 72°08'
- 34 Lac du Pardon**
Chute-des-Passes
49°23' 71°21'
- 35 Lac Bonté**
Kiskissink
47°53' 72°08'
- 36 Mystic (Hameau)**
Saint-Ignace-de-Stanbridge
45°09' 72°59'
- 37 Grand lac à l'Ange**
Baie-Saint-Paul
47°27' 70°43'
- 38 Lac Archange**
Baie-James
49°54' 79°12'
- 39 Lac Mage**
Lac-Nigault
47°03' 77°16'
- 40 L'Immaculée-Conception (Paroisse)**
Natashquan
50°11' 61°49'
- 41 Holy Spirit (Desserte)**
Chichester
45°58' 77°08'
- 42 Esprit-Saint (Municipalité)**
Esprit-Saint
48°04' 68°34'
- 43 Rivière Pentecôte (Municipalité)**
Rivière-Pentecôte
49°47' 67°10'
- 44 Lac d'Éther**
Lac-au-Brochet
49°11' 69°51'
- 45 Lac Clémence**
Mont-Valin
49°21' 70°20'
- 46 Île à la Madone**
Lac-au-Saumon
48°26' 67°21'
- 47 Station Côte-Vertu (Station de métro)**
Saint-Laurent
45°30' 73°40'
- 48 Lac du Sacré-Cœur**
Saint-Apollinaire
46°36' 71°26'
- 49 Île Jésus**
Rivière-au-Tonnerre
50°17' 65°29'
- 50 Lac Déesse**
Réservoir-Dozois
47°38' 76°44'

11

Sept-Îles

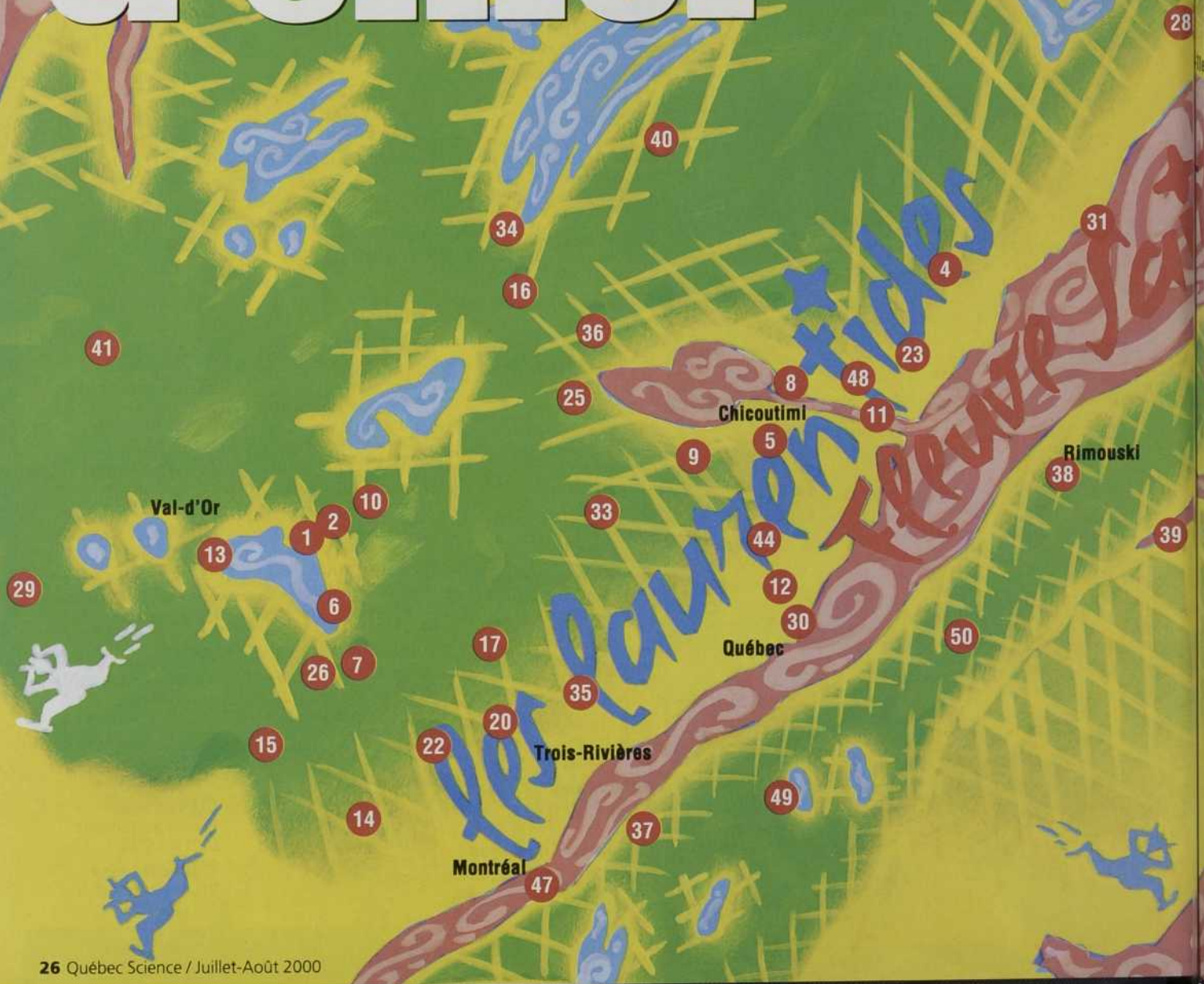
49

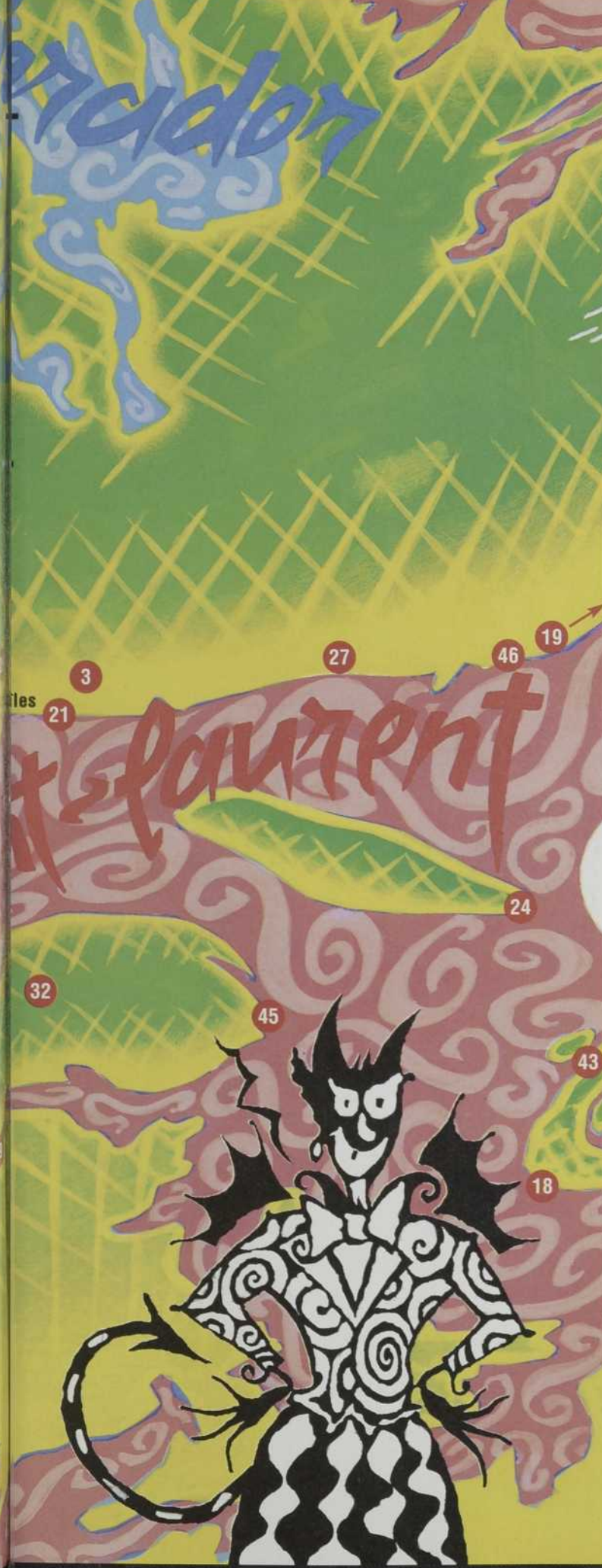
40

30



Un Québec d'enfer





Les lieux ensorcelés, les municipalités où on les trouve ainsi que leur latitude et leur longitude

- 1 Lac des Monstres**
Senneterre
47°49' 76°13'
- 2 Lac du Vampire**
Senneterre
47°54' 75°58'
- 3 Lac Méchant**
Moisie
50°27' 65°55'
- 4 Lac Vil**
Mont-Valin
49°30' 70°11'
- 5 île Maligne**
Alma
48°35' 71°38'
- 6 Lac Infâme**
Lac-Lenôtre
47°13' 75°5'
- 7 Lac Malheur**
Des Ruisseaux
46°34' 75°38'
- 8 Lac des Pleurs**
Chute-des-Passes
48°53' 71°40'
- 9 Lac Souffrance**
Lac-Ashuapmushuan
48°22' 72°45'
- 10 Lac de la Désolation**
Senneterre
47°57' 75°38'
- 11 Lac du Supplice**
Mont-Valin
48°37' 70°21'
- 12 Lac Belzébuth**
Lac-Jacques-Cartier
47°47' 71°45'
- 13 Lac des Ténébres**
Réservoir-Dozois
47°49' 77°10'
- 14 Lac du Diablotin**
Montpellier
45°55' 75°15'
- 15 Lac de la Chimère**
Lac-Pythonga
46°30' 76°18'
- 16 Lac de la Malice**
Lac-Ashuapmushuan
49°08' 74°13'
- 17 Lac Vilain**
Baie-Obaoca
47°20' 74°13'
- 18 Le Corps-Mort**
(île)
L'Île-du-Havre-Aubert
47°15' 62°15'
- 19 Cran des Morts**
(Falaise)
Blanc-Sablon
51°26' 57°11'
- 20 Lac Pourri**
Saint-Zénon
46°36' 73°46'
- 21 Zec de la Rivière-Moisie**
(Zone d'exploitation contrôlée)
Moisie
50°12' 66°04'
- 22 Rivière du Diable**
Saint-Jovite
46°03' 74°38'
- 23 Lac Ignoble**
Mont-Valin
49°05' 70°20'
- 24 Baie du Naufrage**
L'Île d'Anticosti
49°06' 61°41'
- 25 Lac Martyre**
Rivière-Windigo
48°23' 73°55'
- 26 Rapide de Lucifer**
Déléage
46°19' 75°56'
- 27 Lac à la peur**
Havre-Saint-Pierre
50°24' 63°08'
- 28 Lac de la Terreur**
Lac-Walker
50°38' 67°30'
- 29 Lac des Hurlements**
Rivière-Kipawa
47°07' 78°46'
- 30 Cap Tourmente**
Sault-au-Cochon
47°05' 70°45'
- 31 Lac Tourmenté**
Franquelin
49°20' 68°00'
- 32 Chute du Diable**
Mont-Albert
48°55' 66°07'
- 33 Lac du Démon**
Rivière-Windigo
47°51' 73°45'
- 34 Mont du Sorcier**
Chibougamau
49°55' 74°07'
- 35 Lac Obscur**
Saint-Alexis-des-Monts
46°43' 73°15'
- 36 Lac des Spectres**
Lac-Ashuapmushuan
49°14' 73°44'
- 37 île aux Fantômes**
Sainte-Anne-de-Sorel
46°04' 72°58'
- 38 La Descente-aux-Enfers**
(Lieu-dit)
Saint-Narcisse-de-Rimouski
48°15' 68°32'
- 39 Les Portes de l'Enfer** (Rapides)
Saint-André-de-Restigouche
48°04' 67°06'
- 40 Lac de la Lamentation**
Baie-James
50°26' 73°33'
- 41 Lac du Ravage**
Mont-Brun
48°30' 78°45'
- 42 La Dalle des Morts** (île)
Baie-James
54°38' 70°05'
- 43 Butte de l'Homme Mort**
Grosse-île
47°47' 61°28'
- 44 Étang Fétide**
Lac-Moncouche
47°59' 71°58'
- 45 Cap Malin**
Percé
48°27' 64°18'
- 46 Baie du Diable**
Côte-Nord-du-Golfe-du-Saint-Laurent
50°16' 61°13'
- 47 Mare au Diable**
Montréal
45°31' 73°31'
- 48 Lac du Cauchemar**
Mont-Valin
48°55' 70°56'
- 49 Fosse aux Sorcières**
(Fosse à truite)
Chesterville
45°57' 71°50'
- 50 Rivière Damnée**
Saint-Damase-de-L'Islet
47°11' 69°59'

L'homme en krit

Grâce à d'étonnantes percées scientifiques, on pourra bientôt remplacer les parties défectueuses de notre corps. Comme les pièces d'une automobile ?

par Catherine Dubé

L'homme « réparé ». De la tête aux pieds, dedans comme dehors. Et on ne songe pas ici qu'à l'homme de six millions de dollars : c'est avec des organes de rechange entièrement biologiques, et non plus seulement avec des composantes mécaniques, que la médecine de demain nous rapiécera.

C'est la découverte du potentiel des cellules souches embryonnaires, en 1998, qui a donné des idées aux chercheurs du monde biomédical. Ces cellules embryonnaires sont totipotentes, ce qui veut dire qu'elles ont le pouvoir de devenir des cellules de n'importe quel type. Il y a deux ans, des Américains ont réussi à cultiver des lignées cellulaires à partir de cinq embryons humains, ce qui représentait déjà un exploit. Ils ont également découvert la recette permettant de commander à ces cellules de suivre un patron

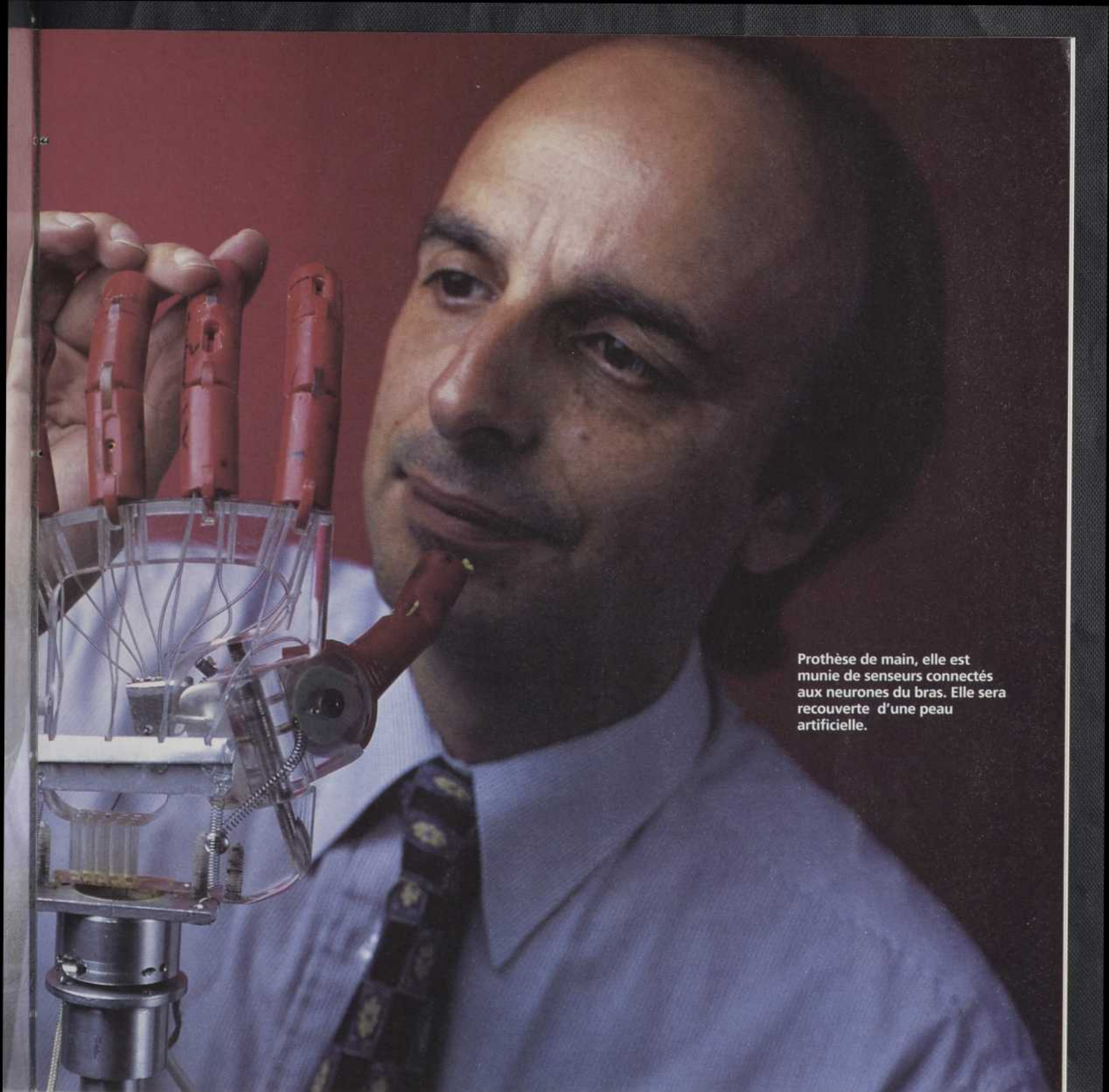
de différenciation plutôt qu'un autre : ajoutez un peu plus ou un peu moins de facteur de croissance et autres substances nutritives dans les cellules en culture et elles deviendront des neurones plutôt que des cellules de pancréas ou de peau. Les chercheurs connaissent maintenant la recette à suivre pour une quarantaine de types de cellules, sur les quelque 200 existant dans le corps humain.

Pourquoi ne pas se servir de ces cellules pour réparer les organes humains, se sont alors demandé les scientifiques. Pas bête. Il y a toutefois un problème de taille : les cellules embryonnaires proviennent d'un organisme étranger à celui que l'on veut soigner, et pourraient être rejetées au même titre que n'importe quel organe greffé avec les méthodes actuelles. Pour contourner cette difficulté, on utiliserait la « méthode Dolly » : prendre un ovule humain, mais remplacer son matériel

génétique par celui du patient. Comment ? En l'isolant d'une de ses cellules. Sans que l'on sache encore très bien pourquoi, on a observé que l'ADN est alors déprogrammé, ce qui redonne à l'ovule modifié sa totipotence. Un petit choc électrique et hop, il commence à se diviser et à produire des cellules souches embryonnaires. On leur fournirait alors les instructions pour qu'elles deviennent l'organe dont notre patient a besoin.

Bien des questions restent encore en suspens. Comme il s'agirait de cellules souches embryonnaires obtenues par clonage plutôt que de façon « naturelle », on se demande si

King-Holmes/PubliPhoto



Prothèse de main, elle est munie de senseurs connectés aux neurones du bras. Elle sera recouverte d'une peau artificielle.

elles ne vieilliront pas de façon prématurée. Il faudra aussi s'assurer de bien maîtriser les techniques de différenciation.

Faire pousser un organe complet en laboratoire ? Ce n'est pas demain la veille. Mais les premières applications médicales des cellules souches embryonnaires, elles, sont pour très bientôt. « Au cours de la prochaine décennie », prédit Raymond Lambert, chercheur au Centre de recherche en biologie de la reproduction de l'université Laval. On utilisera les cellules souches embryonnaires pour régénérer des organes amochés, sans avoir à les remplacer. Un exemple : le foie d'un patient ne fonc-

tionne plus qu'à moitié; on commande à des cellules souches embryonnaires de devenir des cellules de foie et on les injecte dans l'organe malade. Après un certain temps, ces cellules neuves en auront régénéré les parties abîmées. Il ne retrouvera probablement pas l'allure qu'il avait dans sa prime jeunesse, mais redeviendra au moins fonctionnel.

Dans le cas de certaines maladies, on pourrait éliminer la prise quotidienne de médicaments. Si, par exemple, on rafistole le pancréas d'un diabétique, plus besoin d'injections d'insuline.

Ces méthodes nécessitent bien sûr l'utili-

sation d'embryons humains et de techniques de clonage, ce qui pose de délicates questions éthiques. Mais Raymond Lambert, qui baigne dans cette problématique en tant qu'organisateur d'un congrès sur le sujet à Québec cet automne, est déjà convaincu que cette pratique sera acceptée socialement. Trop de personnes sont en attente d'un traitement pour qu'on passe à côté d'une telle solution.

Pour éviter le rejet des cellules souches embryonnaires par le système immunitaire, Raymond Lambert voit quand même une autre avenue que le clonage. On pourrait

suite à la page 32

Le corps en réparation

Cornée

Les laboratoires ont vu naître la cornée 100 % biologique au cours de l'année dernière. D'ici cinq ans, les yeux ayant subi des lésions pourront en profiter.

Cœur

Un cœur humain cultivé en laboratoire... ou incubé dans l'organisme d'un porc ? Les deux options suscitent l'intérêt des chercheurs.



Mais pour l'instant, les valves cardiaques et les artères de Dacron et Teflon ont toujours la cote.

Quant au cœur entièrement mécanique dont on rêve depuis 30 ans, il

se limite pour le moment essentiellement à une pompe qui assiste le cœur défaillant le temps de trouver un donneur. Mais partout dans le monde, des équipes continuent de perfectionner leur modèle.



Peau
Les grands bras
pourront
bientôt.

Yeux

Recouvrer la vue grâce à des implants de silicone posés sur la rétine ? Banal ! Il suffit de fixer une mini-caméra à une paire de lunettes et d'établir le contact avec les implants grâce à des ondes radio.

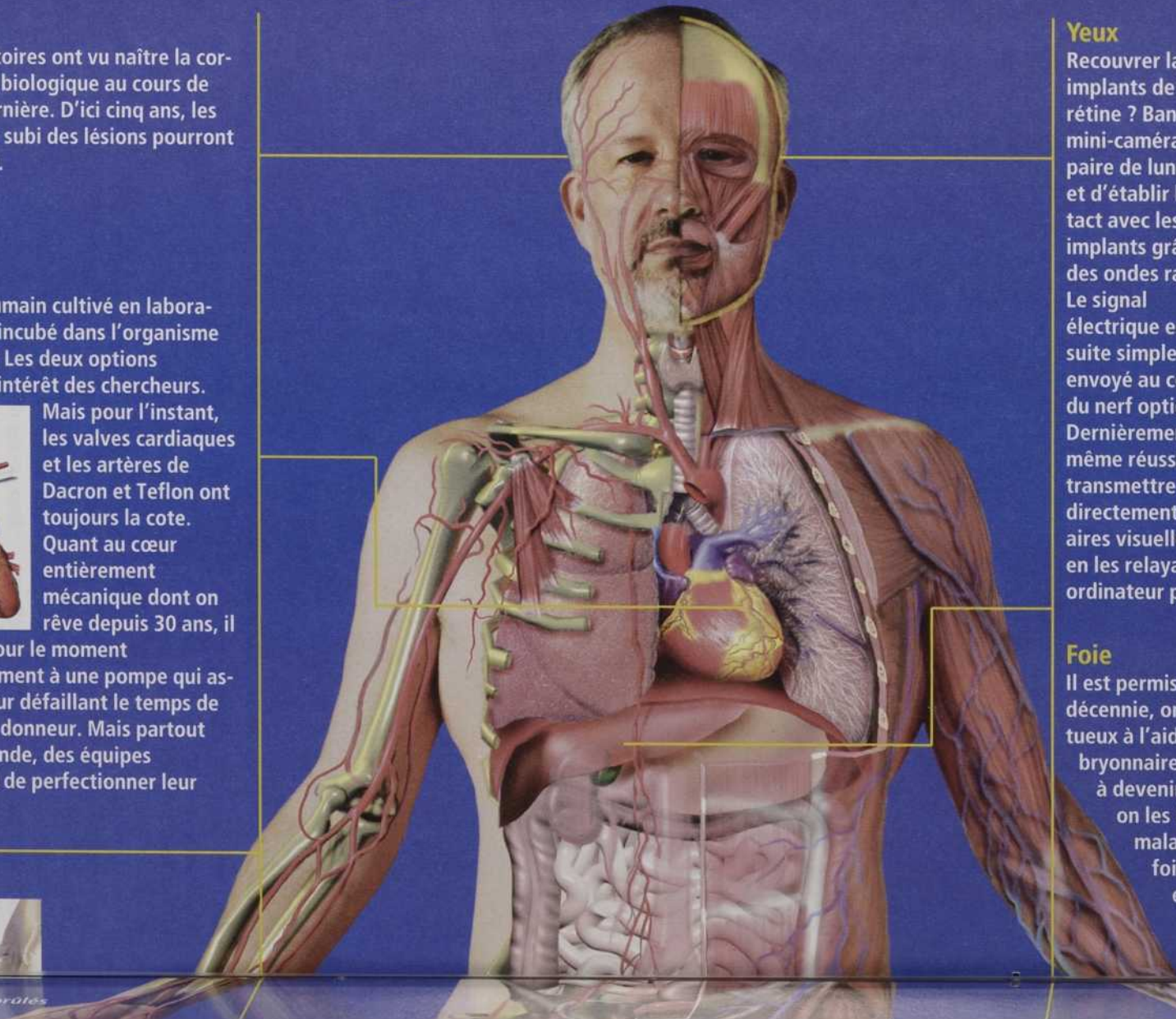
Le signal électrique est ensuite simplement envoyé au cerveau le long du nerf optique.

Dernièrement, on a même réussi à transmettre les images directement dans les aires visuelles du cerveau, en les relayant auparavant à un ordinateur porté à la ceinture.



Foie

Il est permis d'espérer que d'ici une décennie, on retapera un foie défectueux à l'aide de cellules souches embryonnaires. On incitera ces dernières à devenir des cellules de foie, puis on les injectera dans l'organe malade. Faire pousser *in vitro* un foie complet, apte à prendre en charge la circulation sanguine ? Dans un futur plutôt lointain, probablement !



Peau

Les grands brûlés pourront bientôt bénéficier d'un équivalent cutané plus vrai que nature, constitué d'un derme ET d'un épiderme, sans aucun biomatériau. Quand ? D'ici trois à cinq ans.

Vaisseaux sanguins

Le tout premier vaisseau sanguin entièrement biologique a été cultivé il y a déjà deux ans. Les greffes sont donc imminentes.

Ligaments

Cauchemar des sportifs, le ligament croisé antérieur du genou cède assez fréquemment. En cultivant des cellules de collagène, on dispose de la matière première pour construire un nouveau ligament. Reste à lui donner la structure tridimensionnelle adéquate, un défi qui accapare de nombreux chercheurs.



Main

Une main artificielle confondante de naturel : ses doigts peuvent bouger individuellement ! Une telle prothèse détecte les mouvements des muscles du bras et les interprète grâce à un petit ordinateur placé dans la paume. Elle arrivera vraisemblablement sur le marché dès l'an prochain.



Jambe

En dotant une prothèse de capteurs sensibles à la pression, au froid et à la chaleur, le cerveau sera berné et finira par croire que ces sensations proviennent réellement du membre amputé. Les chercheurs y travaillent...

Pansements biologiques

Un petit ulcère par ci ? Un tissu cardiaque endommagé par là ? Vite, on applique un pansement... biologique ! Les bouts de peau cultivée ont l'avantage de sécréter des protéines et des facteurs de croissance favorisant la guérison. On pourrait même en faire des *patches* libérant des hormones dont bénéficieraient notamment les femmes ménopausées.

Photo : Nathalie Saint-Pierre/Illustration : Patrick McDonnell

transférer un gène dans les cellules souches à injecter pour qu'elles produisent des protéines immunosuppressives. Elles seraient alors en mesure de survivre dans un organisme étranger, comme si elles venaient d'un donneur universel.

« Dans une dizaine d'années, on verra des représentants de compagnie offrir leur éventail de cellules thérapeutiques », croit le chercheur. Ces mêmes compagnies offriront probablement aussi le service personnalisé de culture par clonage à partir de cellules du patient.

Tout semble déjà en place pour qu'un tel scénario se concrétise. Geron Corp., la compagnie qui a financé les expériences de différenciation des cellules souches embryonnaires, continue de cultiver des lignées cellulaires. Elle

cellules vivantes, qui sécrètent des protéines et des facteurs de croissance, suffit à enclencher la guérison. Quand le rejet survient au bout d'une dizaine de jours, la plaie est cicatrisée. Advanced Tissue Sciences entend maintenant utiliser les propriétés de Dermagraft à d'autres fins. La compagnie annonçait au printemps que ce produit pourrait éventuellement être utile pour régénérer les tissus cardiaques endommagés.

Le docteur François Auger, directeur du Laboratoire d'organogenèse expérimentale (LOEX) de l'hôpital Saint-Sacrement, à Québec, prévoit pour sa part offrir aux grands brûlés un équivalent cutané beaucoup plus perfectionné. Le modèle contient un derme et un épiderme, sans aucun biomatériau. De plus, on ajoutera au derme les capillaires que l'équipe du docteur Auger est arrivée à cultiver en laboratoire. Dans trois à cinq ans, cela devrait être chose faite.

Par la suite, l'équipe du LOEX envisage de pouvoir greffer des vaisseaux sanguins eux aussi entièrement biologiques et cultivés en laboratoire à partir des cellules du patient. L'application initiale sera sans doute la greffe des petits vaisseaux se situant sous le genou, car on n'a encore trouvé aucun matériel synthétique permettant de faire des vaisseaux de cette taille. Tous les biomatériaux présentent trop d'adhérence et entraînent des thromboses.

À plus long terme, le docteur Auger croit que le génie génétique lui permettra de fabriquer des pièces de rechange vraiment performantes. En modifiant le bagage génétique d'un certain nombre de cellules d'un échantillon de vaisseaux sanguins cultivé en laboratoire, on lui fera par exemple produire une substance empêchant la formation d'athéromes, ou encore de l'insuline si on le destine à un diabétique. On pourra agir de même sur la peau cultivée en laboratoire, en lui faisant sécréter des substances bénéfiques, comme des hormones pour une femme ménopausée. Une fois transplanté, ce greffon agirait à la manière d'un patch. « C'est une forme de thérapie génique, mais qui permet de s'assurer en laboratoire, avant de greffer la peau au patient, que les cellules ont bien intégré le gène, qu'elles réagissent normalement et que la quantité d'hormones produite est la bonne », explique Lucie Germain, chercheuse au LOEX. Un contrôle de la qualité des pièces à transplanter, quoi ! Et si par malheur cela ne fonctionnait pas, on pourrait toujours retirer le morceau de peau assez facilement.

Au cours de la dernière année, le LOEX et une équipe de l'université d'Ottawa ont réussi chacun de leur côté à fabriquer une cornée très semblable à une vraie à partir de cellules

humaines. Un délai d'environ cinq ans semble raisonnable avant les premières greffes.

Tout comme la peau, le cartilage fait déjà partie des tissus humains commercialisés. Il s'agit en fait plus d'un service que d'un produit, car l'approche privilégiée jusqu'à maintenant par des compagnies telles que Genzyme Tissue Repair consiste à prélever des cellules de cartilage (des chondrocytes) chez le patient, à assurer leur multiplication dans un milieu nutritif et à les réimplanter. On ne traite pour l'instant que l'usure du cartilage du genou. Les arthritiques devront attendre.

On fonde également beaucoup d'espoir sur la construction en laboratoire de ligaments, car là non plus les biomatériaux n'ont pas donné de résultats convaincants jusqu'à maintenant. Le ligament croisé antérieur, derrière le genou, est celui qui cède le plus souvent, surtout chez les sportifs. Francine Goulet, chercheuse au LOEX, s'est attaquée à ce défi. « Un ligament est essentiellement constitué de collagène. La difficulté n'est donc pas de cultiver les cellules, mais de donner au ligament sa structure tridimensionnelle », explique-t-elle. Elle a fait appel au département de génie mécanique de l'université Laval pour développer un appareil simulant les tensions auxquelles est soumis un ligament et ainsi stimuler l'organisation cellulaire.

Cela démontre bien toute la complexité entourant la culture de tissus et d'organes *in vitro*. Il ne suffit pas de laisser se multiplier des cellules dans un plat de Pétri pour arriver à reconstruire un organe complet. Pour l'instant, il est encore difficile d'imaginer comment on arrivera à commander aux cellules de se différencier et de se positionner correctement pour donner la forme et le niveau de spécialisation voulus.

Pour la peau, qui n'a pourtant pas une structure tridimensionnelle complexe par rapport à d'autres organes, il a tout de même fallu des années avant de mettre au point une méthode efficace. On a fini par comprendre que le derme doit être immergé dans un milieu de culture, mais qu'il faut exposer l'épiderme à l'air pour que ses cellules se différencient. Bien malin celui qui arrivera à fabriquer un foie comportant tous ses lobes et capable de prendre en charge la circulation artérielle et veineuse !

De tels obstacles n'ont toutefois pas empêché le docteur Michael Sefton de se lancer dans la fabrication d'un cœur humain cultivé en laboratoire. Le chercheur de l'Institut de génie biomédical de l'université de Toronto a mis sur pied il y a deux ans un programme international au terme duquel il espère obtenir ce cœur presque entièrement biologique. Les cellules seront cultivées sur un support biodégradable en forme de cœur.



a en plus recruté le père spirituel de Dolly, Ian Wilmut. Avec la récente recommandation d'un comité d'experts britanniques d'accepter le clonage de cellules d'embryons humains, l'affaire est presque dans la poche.

Quand on sait ce que les scientifiques sont capables de fabriquer en laboratoire, toute cette histoire paraît encore moins futuriste qu'elle n'en a l'air. La culture *in vitro* d'épiderme pour les grands brûlés est maîtrisée depuis longtemps. Des bouts de peau cultivée sont aussi déjà vendus comme pansements biologiques pour soigner les ulcères causés par des problèmes circulatoires chez les diabétiques et les obèses. Le **Dermagraft** de la compagnie californienne Advanced Tissue Sciences est fait d'un treillis de matériel biodégradable (semblable à celui qu'on utilise pour le fil de suture) que l'onensemence de cellules humaines de derme. D'autres compagnies, comme Organogenesis, ont développé des modèles un peu différents : Apligraf est lui aussi constitué de cellules de derme, mais celles-ci sont ensemencées dans un gel de collagène d'origine bovine. Les cellules de derme proviennent de prépuces de bébés circoncis.

Ces morceaux de peau ne s'intègrent pas à celle du patient, puisqu'ils proviennent d'un autre organisme. Mais la seule présence de ces

Un des projets du génie biomédical : un porc avec un coeur d'homme.

On fera battre l'organe ainsi obtenu grâce à un stimulateur cardiaque. Le scientifique s'est donné 10 ans pour atteindre son but.

Cela est peut-être optimiste, mais pas nécessairement utopique. « On réussira probablement un jour à refaire tous les organes », dit le docteur François Auger. Il préfère ne rien promettre, ni donner d'échéance; son laboratoire reçoit déjà à la tonne des demandes de personnes malades qui espèrent ou désespèrent de voir le jour où on pourra leur offrir un traitement. Mais rien ne semble impossible pour ce visionnaire à qui on prédi-



Lucie Germain et François Auger du Laboratoire d'organogenèse expérimentale (LOEX) à Québec.

Louise Leblanc

sait qu'il n'arriverait jamais à fabriquer des vaisseaux sanguins.

Pour éviter tous les problèmes liés à la construction d'organes *in vitro*, Marc-André Sirard, chercheur au Centre de recherche en biologie de la reproduction de l'université Laval, propose simplement de les faire croître *in vivo*, dans un animal. Le scientifique ne doute pas qu'on arrivera à faire des xéno greffes, en modifiant le patrimoine génétique du porc de façon à ce que son cœur puisse être transplanté chez un humain. Mais il voit déjà plus loin. On pourrait selon lui utiliser le porc comme incubateur d'un cœur 100 % humain. D'un côté, on prend un embryon de porc et on fait taire les gènes qui commandent la fabrication de cet organe. De l'autre, on commande à des cellules souches embryonnaires d'humain de se différencier pour devenir un cœur. On met le tout ensemble et on obtient une chimère : un porc avec un cœur d'homme. Reste ensuite à attendre que l'animal naisse et grandisse suffisamment pour que l'organe atteigne la taille voulue. « En trois mois, le porc passe de 2 à plus de 100 kilogrammes, note Marc-André Sirard. Le temps d'attente ne serait donc pas long. » Cette méthode aurait également l'avantage de ne pas poser de problèmes de rejet immunitaire. Le patient recevrait un cœur contenant

son propre matériel génétique; quant au cochonnet, l'organe humain serait considéré comme faisant partie intégrante de son organisme, étant donné qu'il recevrait ce matériel au stade embryonnaire, moment où le système immunitaire est en plein travail de reconnaissance.

De telles percées génétiques sont extrêmement prometteuses. Ce qui ne rend pas les biomatériaux et les membres artificiels complètement désuets, bien au contraire. Jusqu'à nouvel ordre, il est plus simple d'ajouter un petit bout de métal ou de plastique à un organe défectueux que de le remplacer entièrement. Les valves cardiaques et les artères en Dacron et en Téflon ont fait leurs preuves et continueront d'être utilisées. Les « stents », petits treillis en acier inoxydable ou en alliage nickel-titane peuvent quant à eux être insérés et déployés dans une artère qui a tendance à rétrécir et dans laquelle le sang passe moins bien. En ajoutant un revêtement textile à ce genre de treillis, on fait également des endoprothèses qui peuvent à l'inverse prévenir la formation d'anévrismes. Le sang passe dans le tuyau de biomatériaux et ne cause plus de pression indue sur la paroi du vaisseau.

Ces petits artifices ne sont bien sûr pas encore tout à fait au point. Il est difficile de trouver des matériaux qui soient parfaitement compatibles avec le vivant, qui ne corrodent pas, ne s'usent pas prématurément, etc. « Souvent, les greffes d'artères artificielles cicatrisent mal, illustre Yves Marois, chercheur à l'Institut des biomatériaux du Québec, à Québec. Il faudrait trouver un moyen pour que les cellules endothéliales qui tapissent l'intérieur du vaisseau sain colonisent l'artère artificielle. »

Son collègue Ze Zhang est à la recherche d'un polymère conducteur d'électricité qui pourrait, croit-on, faciliter la cicatrisation des implants. Le raisonnement est tout simple : de façon naturelle, la membrane des cellules vivantes est sensible aux charges électriques. On a d'ailleurs déjà remarqué qu'un os cassé se ressoudait mieux en présence d'un champ électrique. Or, à l'heure actuelle, les biomatériaux sont généralement isolants. Ze Zhang est à vérifier cette hypothèse avec le polypyrrole, un polymère conducteur avec lequel il traitera des textiles médicaux.

Et des organes entièrement mécaniques, comme le cœur, qu'on tente de fabriquer depuis 30 ans ? Yves Marois doute qu'on arrive jamais à en construire un qui remplace pour de bon l'organe vivant. Plusieurs équipes canadiennes, américaines, européennes et japonaises continuent de proposer des modèles

de plus en plus perfectionnés, le plus souvent alimentés par une pile portée à la ceinture. Mais il s'agit la plupart du temps de pompes qui assistent le cœur malade le temps de trouver un donneur. Il existe bien des modèles de cœur pouvant être implantés, pas plus loin qu'à l'Institut des biomatériaux par exemple, mais de nombreux problèmes restent à régler avant que l'on puisse penser les utiliser.

Néanmoins, quelques percées du côté de l'électronique laissent entrevoir que l'artificiel peut encore rendre de bien grands services à l'homme. En 1996, une équipe de chercheurs de plusieurs institutions, dont l'université John Hopkins, a redonné à un aveugle une partie du sens de la vue grâce à des implants de silicone posés sur sa rétine. Le nerf optique de l'homme, atteint de rétinopathie pigmentaire, était intact. On a placé une mini-caméra sur une paire de lunettes; la caméra transmet les images à l'implant de silicone par ondes radio et le signal électrique est ensuite relayé au cerveau le long du nerf optique. Au début de cette année, des chercheurs de l'Institut Dobelle, à New York, ont utilisé une autre méthode : la caméra miniature relaie les images à un ordinateur porté à la ceinture, qui les conduit ensuite au cerveau grâce à des électrodes implantées dans les aires visuelles.

L'électronique est également en passe de rendre le sens du toucher aux amputés. La division recherche de Scott Sabolich, à Oklahoma City, met actuellement au point des prothèses capables de transmettre les sensations de pression, de froid et de chaleur. Dans une jambe artificielle, par exemple, des capteurs sensibles à la pression sont installés sous le pied et relaient, sous forme de signaux électriques, l'information jusqu'au moignon, où ils sont transmis au système nerveux, puis interprétés par le cerveau. Le plus fascinant, c'est qu'après un certain temps, le cerveau finit par croire que ces sensations proviennent vraiment du pied. La main artificielle mise au point à l'université Rutgers au New Jersey est elle aussi prometteuse, puisque ses doigts peuvent bouger individuellement. La prothèse détecte les mouvements des muscles du bras et les interprète grâce à un petit ordinateur placé dans la paume. Cette main pourrait être disponible dès l'an prochain.

Biologique, mécanique ou électronique, l'homme « rapaillé » de demain vivra sans doute mieux et plus longtemps. Il repoussera sa « date de péremption » à son extrême limite. À moins que le génie tissulaire ne lui donne accès à la vie éternelle... ou que la biomécanique en fasse un cyborg immortel. ●

Tourbières :

Ce sont des écosystèmes très riches. Longtemps exploitées sans vergogne, les tourbières sont maintenant l'objet de toutes les attentions des botanistes.

par Louise Desautels

Le sol spongieux sur lequel nous marchons nous donne des allures d'astronautes débarqués sur la Lune. La précaution est de mise entre buttes herbeuses et crevasses où l'eau et les nuées de moustiques affluent, « le vrai baptême d'un scientifique qui travaille dans les tourbières, c'est quand il s'y enfonce pour la première fois ! » dit Bruno Drolet, biologiste du Groupe de recherche sur l'écologie des tourbières (GRET), de l'université Laval. Il en a fait l'expérience en 1997 et s'en souviendra à jamais : il a alors mis le pied sur une ancienne canalisation recouverte de végétation et s'est enlisé jusqu'au cou !

Nous quittons maintenant la portion de tourbière vierge, en partie couverte d'épinettes et de bosquets apparentés aux bleuets, pour émerger dans un vaste champ : un lot anciennement exploité pour la tourbe, ce *peat moss* qu'on achète en sac à la jardinerie. Sa surface est couverte de paille et percée de mares.

Présentement, au Québec, la majeure partie des 1 000 hectares (ha) de tourbières abandonnées après exploitation sont soit restaurées, soit sur le point de l'être. Deux incitatifs poussent les

manipuler avec soin

Une équipe de restauration du Groupe de recherche sur l'écologie des tourbières (GRET) au Lac-St-Jean

producteurs à agir ainsi. Les certificats d'autorisation du ministère de l'Environnement exigent, dès l'ouverture d'une tourbière, que le commerçant présente les plans de sa future restauration. Mais surtout, depuis quelques années, l'industrie doit répondre aux exigences de son principal marché : l'Europe, où les tourbières exploitées jusqu'à la roche-mère sont complètement perdues, ce qui a donné fort mauvaise presse aux vendeurs de tourbe.

Bruno Drolet me montre un site appelé Bois-des-Bel. C'est une tourbière de 11 ha que le GRET a entrepris de restaurer l'automne dernier. Après avoir mis au point une recette pour favoriser le retour des plantes typiques des tourbières sur tout terrain abandonné par les exploitants, le groupe de recherche passe à une nouvelle étape : voir comment une grande tourbière restaurée se comporte au fil des ans, en tant qu'écosystème.

« Jusqu'à maintenant, au Québec, l'industrie a surtout restauré de petites parcelles,

note Line Rochefort, professeure à l'université Laval et directrice du GRET. Sur un ou deux hectares, nous ne pouvions évaluer le retour des processus écologiques, qui ne se manifestent qu'à l'échelle d'un écosystème entier. » Elle donne comme exemple les variations naturelles du niveau de l'eau et le retour des animaux.

La plupart des tourbières de la planète se trouvent au Canada et en ex-URSS. Elles sont mondialement reconnues comme un élément précieux du paysage, entre autres parce qu'elles abritent des espèces qui leur sont propres. Les tourbières sont de larges cuvettes, remplies au fil des siècles par une végétation qui croît plus vite qu'elle ne se décompose, prenant appui sur ses propres débris fibreux : on dit de ces milieux qu'ils sont accumulateurs de tourbe. Au cœur du phénomène, il y a la **sphaigne**, une mousse aux mille tentacules,



parfaitement adaptée aux milieux humides, froids, acides et pauvres en éléments minéraux. On a répertorié une soixantaine d'espèces de sphaignes. Dans des conditions hostiles, elles arrivent à constituer un épais tapis, d'où émergent divers autres végétaux, comme la linaigrette qui forme des buttes de longues herbes, le

kalmia aux petites fleurs roses, le thé du Labrador, l'épinette noire et certaines plantes insectivores. Lorsque la tourbière est alimentée seulement par l'eau des précipitations, on dit qu'elle est ombrotrophe, ou *bog*.

Dans les tourbières dites minérotrophes, ou *fens*, une source d'eau (ruisseau, ruisellement d'une montagne, etc.) enrichit le milieu en éléments nutritifs, ce qui entraîne une plus grande diversité végétale : d'innombrables espèces s'ajoutent aux sphaignes, des mélèzes aux iris, en passant par l'abondant carex. *Bogs* et *fens* se côtoient sou-



Deux sortes de sphaignes

Un tapis après trois ans, Rivière Ouelle

Tourbière structurée, Matagami

Protéger les dernières tourbières

Le Groupe de recherche sur l'écologie des tourbières (GRET) ne se préoccupe pas seulement de restauration. En plus d'analyser les mécanismes propres aux tourbières naturelles, il se penche sur la conservation de ces écosystèmes.

« L'automne dernier, je suis allée marcher dans les tourbières des régions de Chaudière-Appalaches et du Centre du Québec, rapporte Monique Poulin, qui vient d'entreprendre un doctorat sur la conservation des tourbières. Depuis la publication de l'*Atlas des tourbières*, en 1989, un grand nombre ont été converties en cannebergeries. Et parmi les autres, peu sont exemptes de canaux de drainage. »

Selon sa compilation, quelque 33 000 ha sont actuellement dans le territoire des réserves écologiques et des parcs du Québec. Ce chiffre vient tout juste de doubler avec la

constitution d'un parc québécois à Anticosti (Vauréal, 20 000 ha de tourbières ombrotrophes et minérotrophes). De plus, une petite portion (10 ha) de la tourbière de Rivière-Ouelle est depuis peu reconnue comme « réserve floristique », puisqu'on y note la présence d'une plante menacée (*Gaylussacia dumosa*, var. *bigelovianay*). En conséquence, la loi interdit tout empiètement.

Toutes les autres tourbières, y compris celle que chouchotent depuis quelques années les écologistes de la région de Québec, la Grande Plée Bleue, peuvent disparaître d'un été à l'autre. Monique Poulin considère que les dernières tourbières vierges du sud du Québec doivent être soustraites à l'exploitation.

C'est pourquoi elle cherche à établir les critères qui pourraient servir à retenir cer-



Dominique Fiset et Monique Poulin

tains *bogs* et *fens* aux fins de conservation : représentativité, richesse en espèces, superficies limites. Le ministère de l'Environnement suit de près ses recherches, qui intègrent les données recueillies depuis 1993 par le GRET sur les différentes caractéristiques des tourbières,



Tourbière dite minerotrope aux îles Mingan



Rhododendron du Canada

François Quinly

vent, et tous deux attirent leur cortège faunique. Les originaux sont des habitués, et un oiseau rare, la paruline à couronne rousse, y trouve refuge. Très souvent, la surface est percée de mares, ce qui augmente encore la biodiversité. « Dans les régions habitées, soutient Bruno Drolet, les tourbières encore vierges servent de lien entre les peuplements forestiers, et favorisent ainsi le déplacement des animaux. »

À lui seul, le Québec compte huit millions d'hectares de tourbières, dont 98 % sont toujours intactes. La plupart sont égarées au nord des régions densément peuplées et elles sont gelées presque toute l'année. De larges superficies, soit quelque 120 000 ha, ont cependant été détruites à la suite de la mise en eau de territoires nordiques pour alimenter les barrages hydroélectriques. Dans le sud, les milieux humides de ce type sont beaucoup plus rares, et ont eu la vie dure. Peu d'entre eux bénéficient d'une protection (voir l'encadré 1). Souvent considérées comme des espaces malsains, les tourbières ont été drainées, excavées et remblayées, et plus de 2 000 ha ont été utilisés comme dépotoirs. L'agriculture aussi s'est appropriée de vastes étendues de tourbières (9 460 ha), et le drainage forestier y a fait des ravages (34 230 ha). De son côté, l'extraction de la tourbe occupe près de 7 000 ha.

Dans le cas de l'extraction du *peat moss*, la perte de tourbière est désormais réversible. Car il y a indéniablement perte : dès qu'un terrain est mis en production,

ses fonctions naturelles sont détruites. L'eau est d'abord évacuée grâce à un système de fossés. Puis on « scalpe » le champ, c'est-à-dire qu'on en retire toute la végétation de surface, y compris la portion vivante de la sphaigne. Dans ce nouveau désert, la matière fibreuse à demi décomposée sera ensuite prélevée à raison de quelque cinq centimètres par an : on compte sur le soleil et le vent pour assécher cette couche de tourbe, de façon à pouvoir la récolter avec des aspirateurs géants.

Après quelques décennies de ce traitement, le producteur parvient aux couches inférieures, ayant abaissé le niveau du terrain d'environ 2,5 mètres. À cette profondeur, la matière s'avère trop décomposée pour intéresser le marché horticole, et le site est abandonné. Ou plutôt était abandonné ! Parce qu'il est désormais possible de redonner vie au milieu, à peu de frais.

Chez Tourbières Premier, un des plus gros producteurs canadiens de tourbe, on a consacré aux activités de restauration environ 0,01 % du chiffre d'affaires de 137 millions de dollars, l'an dernier. « C'est un investissement qui vaut la peine parce que ça donne des résultats, juge Claude Samson, directeur de la qualité chez Premier. Si vous aviez vu ça, la première fois qu'on a voulu restaurer un terrain, en 1992 ! »

Cette année-là, stimulée par les pressions de clients européens, Premier a fait une tentative qui s'est résumée à bloquer les

notamment leur fréquentation par les oiseaux, les petits mammifères, les insectes et les batraciens.

Monique Poulin s'est également penchée sur la conservation de parcelles au sein même de tourbières exploitées. Ses travaux sur la flore, couplés à ceux portant sur la faune, indiquent qu'une bande de tourbière naturelle doit être très large (au minimum 120 mètres) pour conserver ses fonctions dans l'écosystème. Épargner des parcelles moins linéaires semble plus efficace. Actuellement, les producteurs de tourbe laissent souvent une bande inexploitée en périphérie. Ils ont également commencé à prévoir, dès l'ouverture d'une nouvelle exploitation, la conservation d'un lot intact qui servira de site d'emprunt lors de la restauration du milieu.

canaux de drainage pour ramener l'eau sur le site, et à y enfoncer de gros blocs de matière vivante provenant de tourbières vierges. « Ça n'a absolument rien donné », admet Claude Samson.

C'est alors qu'entre en scène Line Rochefort. Jeune professeure au département de phytologie de l'université Laval, elle prend contact avec une compagnie de tourbe basée à Montréal, afin d'obtenir du matériel destiné à la restauration d'une bleuëtière au Lac-Saint-Jean. Son interlocuteur ne la laissera pas raccrocher avant d'avoir fixé un rendez-vous. Il obtient d'elle la promesse de se pencher sur le problème et même d'assister à la prochaine réunion de l'Association canadienne de la tourbe à Fredericton.

Résultat : en 1995, après deux ans d'expériences menées en laboratoire et sur de petites parcelles, Line Rochefort et son nouveau groupe de recherche publient un guide de restauration à l'intention de l'industrie. Et les trucs que l'on y donne fonctionnent confirme Claude Samson. Pour preuve, il écarte la paille et dégage de minuscules têtes de sphaignes d'un beau vert tendre. Nous sommes sur une vaste tourbière de Rivière-du-Loup, réaménagée en 1998 après avoir connu l'exploitation commerciale. Dans

le champ voisin, restauré l'année précédente, les buttes de linaigrette font figure d'îles dans une mer de sphaignes. Il montre avec fierté la feuille en entonnoir d'une plante carnivore, la sarracénie pourpre, venue y attendre ses proies. Le suivi scientifique effectué par le GRET confirme les observations rapides : les parcelles recouvrent graduellement leurs fonctions naturelles.

Mais quelques kilomètres plus loin, à Bois-des-Bel, sur le site expérimental de l'université Laval, la restauration date seulement de l'automne dernier et l'allure de cette tourbière ne laisse pas encore deviner le succès. « Il est certain que la sphaigne va reprendre », assure cependant Bruno Drolet. Ici, plusieurs représentants d'entreprises d'extraction de tourbe qui n'avaient pas encore procédé à une restauration ont observé avec attention les étapes décrites dans le guide de restauration.

D'abord, Bois-des-Bel ayant été abandonné depuis une vingtaine d'années, il a fallu raser la végétation envahissante. Pour une fois, des biologistes plus habitués à travailler à l'échelle du centimètre ont laissé les pelles mécaniques envahir leur site expérimental. « Nous n'y sommes pas allés de main morte, évoque Bruno Drolet. Il n'était pas question



Line Rochefort

d'épargner certaines plantes, car si nous voulons que l'industrie adopte nos méthodes, il faut les rendre faciles d'application. » Ensuite, les canaux de drainage ont été bloqués, de façon à laisser la neige et la pluie noyer le terrain.

L'étape suivante s'est déroulée dans une tourbière vierge qui allait être détruite par l'agrandissement du parc industriel de Rivière-du-Loup. C'est là qu'on a récolté la

Commandez le T-Shirt le plus paradisiaque et démoniaque de l'été



● Devant :
un Québec d'enfer,
du Lac des Monstres
à la Fosse aux
Sorcières

● Derrière :
le Québec
paradisiaque, du Parc
du Bois-Enchanté à l'Île
à la Madone

Je désire recevoir le T-Shirt

Québec
Science

Une taille : X-large
 18,95\$ l'unité
Prix spécial abonnés :
 16,95\$ l'unité

Nom _____

Adresse _____

Ville _____

Code postal _____

Paiement Visa Master Card Chèque

N° de carte _____

Date d'exp. _____

Signature _____

Tél.: _____

Expédiez avec votre paiement à l'adresse suivante:
Service des abonnements, Québec Science, 525 rue Louis-Pasteur,
Boucherville, Québec J4B 8E7

200 000 visites par mois

Toutes les nouvelles
scientifiques
tous les jours !

www.

CyberSciences
.com



Par l'équipe de Québec Science !

L'assaut des atocas

Depuis peu, les tourbières du sud du Québec subissent un nouvel assaut : le développement des cannebergeries, appelées aussi atocatières. Peu commune au Québec jusque dans les années 90, la culture de la canneberge (ou atoca) occupe désormais quelque 1 100 ha. Environ la moitié de cette superficie empiète sur des tourbières, estime Line Rochefort, du Groupe de recherche sur l'écologie des tourbières (GRET).

Pour le moment, les cannebergeries se concentrent dans la région du Centre du Québec, Saint-Louis-de-Blanford s'est même proclamée capitale de l'atoca ! Une expansion est toutefois à prévoir, notamment sur la Côte-Nord et au Lac-Saint-Jean, dès que les prix de la canneberge remonteront. En effet, les Américains sont friands de jus de canneberge, et l'Europe commence à

s'ouvrir à ce fruit. Cela se fera-t-il nécessairement au détriment des tourbières ? Sans doute.

« Les canneberges détestent pousser les pieds dans l'eau », rapporte Jacques Painchaud, conseiller horticole au ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Pêches du Québec. Cependant, leur culture repose sur la disponibilité de grandes réserves d'eau. D'abord parce qu'on inonde le champ au moment de la cueillette mécanisée : le petit fruit rouge à peau cireuse est alors détaché du plant par une batteuse, et flotte à la surface où il sera facilement recueilli. Cette eau sera ensuite conservée sur la parcelle tout l'hiver afin que les plants, pris dans la glace, ne subissent pas de grandes variations de température.

Les cannebergeries du Québec ont surtout recours aux tourbières en tant que source d'eau, assure Jacques Painchaud. À leur marge, quelques parcelles de terre sablonneuse sont piquées de cultivars de canneberge et entourées d'un bon remblai. La tourbière toute proche sera alors percée

de canaux de surface qui alimenteront un bassin de réserve, prêt à fournir son eau pour la récolte et l'hivernage. Ainsi drainée, la tourbière perd ses plantes adaptées au fort taux d'humidité, les sphaignes, et n'accumule plus de tourbe.

Par ailleurs, certaines cannebergeries prennent place non pas en périphérie des tourbières, mais bien directement sur leur site. Le producteur commence alors par retirer plusieurs centimètres de matière fibreuse non décomposée pour offrir aux atocas un sol acide et solide comme ils les aiment.

Dans les deux cas, le producteur doit obtenir un certificat d'autorisation du ministère de l'Environnement, qui cherche avant tout à limiter les quantités d'eau prélevées, afin de ne pas nuire aux autres usagers du bassin versant.

Selon Jacques Painchaud, il serait aussi possible de cultiver l'atoca sur des tourbières abandonnées après exploitation du *peat moss*. Une cannebergerie peut rester en production pendant 150 ans.

sphaigne bien vivante, mêlée des morceaux d'autres plantes typiques des tourbières. Chaque petit bout de sphaigne a la faculté de donner un nouvel individu. Les ouvriers ont ensuite parsemé cette matière sur le site de Bois-des-Bel, à l'aide d'un épandeur à fumier. Puis, pour donner à ces fragments végétaux un milieu relativement chaud et humide, ils ont répandu une généreuse couche de paille. Il ne suffit pas que la

sphaigne baigne dans l'eau; son contact avec l'air et avec le soleil doit être atténué pour éviter tout assèchement.

L'ultime intervention, à Bois-des-Bel, consiste en un très léger ajout de phosphate, un engrais qui donne un coup de pouce à certaines plantes compagnes de la sphaigne, comme une petite mousse aux allures d'étoile verte, la polytrique.

Alors qu'elles étaient sur le site pour blo-

quer les canaux de drainage, en début de processus, les pelles mécaniques ont accompli un autre travail, qui n'est pas mentionné dans le guide : elles ont creusé huit mares. Beaucoup de tourbières en sont naturellement parsemées. Celle de Bois-des-Bel n'en avait pas. « Mais l'occasion était trop belle, confesse Bruno Drolet. Ce serait extraordinaire du point de vue de la biodiversité si nous pouvions proposer une méthode facile



Félicitations aux jeunes lauréats

Dans le cadre de l'Expo-sciences Bell 2000, Jean-Denis Giguère et Charles Beaudette de l'école secondaire Du Triolet ont remporté le prix provincial **Énergie Hydro-Québec**, soit un voyage à la Baie James.

À titre de fidèle partenaire du Conseil de développement du loisir scientifique, Hydro-Québec est heureuse de contribuer à la promotion des carrières scientifiques.



Où Quand Comment Et surtout... Pourquoi

LE DEVOIR

LISEZ
LE DEVOIR
ET SOYEZ
BIEN INFORMÉ
DE TOUS
LES ÉVÉNEMENTS
QUI MARQUENT
L'ACTUALITÉ!

**Abonnez-vous dès maintenant
afin de ne rien manquer.**

Profitez de notre offre spéciale et recevez le journal du lundi au samedi pour seulement

19⁰³\$*
par mois

Téléphonez dès maintenant au

(514) 985-3355 • 1-800-463-7559
pour l'extérieur de Montréal

ou par Internet : **www.ledevoir.com**

*Ce prix est basé sur l'abonnement par virement automatique avant les taxes. Cette offre est valide dans les secteurs où il y a distribution par camelot.

pour l'établissement de mares dans les tourbières restaurées! » En effet, dans une tourbière naturelle, ces petits points d'eau servent d'habitat ou de port d'escale à une faune variée : insectes, batraciens, canards et même une espèce de poisson, l'ombre de vase, qui s'enfouit dans la boue pour passer l'hiver. Comment un poisson colonise-t-il une mare coupée de tout cours d'eau? On ne le sait pas encore... mais on soupçonne que ses œufs en chapelet s'accrochent parfois aux pattes de canards qui assurent leur transport aérien.

Les mares de Bois-des-Bel n'ont encore aucun habitant. Ce sont de simples trous rectangulaires, et la moitié d'entre elles ont reçu deux bosquets d'éricacées. Les années, et sans doute d'autres expériences, révéleront peut-être la bonne recette pour la colonisation.

Les mares ne sont pas les seules inconnues de cette grande entreprise de restauration. « Une fois la sphaigne réimplantée, nous allons voir comment se comporte l'écosystème, précise Line Rochefort. Pour le moment, les lots restaurés redeviennent accumulateurs de tourbe, mais ils ne ressemblent pas à l'écosystème d'origine. » Un oiseau aussi capricieux que la paruline à couronne rousse, qui niche exclusivement dans une tourbière non perturbée, dédaigne toujours les parcelles récemment ensemencées de Rivière-du-Loup. Line Rochefort est également curieuse de voir à partir de quand la nappe phréatique se maintiendra dans le tapis de sphaignes.

Un autre aspect scruté par les scientifiques est le bilan de carbone du site restauré, au fil des ans. Dans un contexte de réchauffement planétaire, la tourbière vierge atténue le problème puisqu'elle produit plus de végétation qu'elle n'en décompose. En d'autres termes, elle capte plus de carbone qu'elle n'en dégage. Si les parcelles remises en état offrent rapidement un bilan positif, ce sera une raison de plus pour les producteurs de tourbe de restaurer leurs lots. Surtout si, un jour, les gouvernements confirment les rumeurs de mise en place d'un système d'échange de crédit de carbone pour les industries qui émettent des gaz à effet de serre.

Même si les producteurs canadiens parviennent désormais à limiter les dégâts, il reste que les nouveaux tapis de sphaignes mettront des siècles pour remplacer les deux mètres de tourbe prélevés! ●

Où voir des tourbières

La voracité des insectes et la possibilité de mettre le pied sur un tapis flottant de mousse ne vous font pas peur? Alors partez à la découverte des tourbières et de leurs habitants, en vous rendant dans certains parcs et réserves.

■ Tourbières-de-Lanoraie, près de Joliette : une des rares réserves écologiques ouvertes au public, avec guides sur place;
■ la tourbière Esker du parc national de la Mauricie;



Orchidée de tourbière

■ les tourbières aux Orignaux et Petit-Gaspé du parc national de Forillon;

■ quelque 14 % de l'archipel de Mingan, réserve de parc national, est constitué de tourbières;

■ les tourbières des lacs des Cygnes et Malbaie, dans le parc des Grands-Jardins;

■ la tourbière qui fait la presque totalité du parc de la Pointe-Taillon, au Lac-Saint-Jean;

■ la tourbière du lac Forbes, dans la portion sud du parc du Mont-Tremblant;

■ la tourbière du parc Frontenac;
■ et la minuscule tourbière (2 ha) du parc du Mont-Saint-Bruno.

En vous abonnant à Québec Science



cet été, vous recevez une carte-rabais vous donnant droit à une remise de 15 % sur deux entrées dans une sélection de grands centres de découverte du Québec. Les centres participants sont : **Pointe-à-Callière**, le **Biodôme**, le **Planétarium** et le **Cosmodôme** dans la région de Montréal, le **Musée de la Gaspésie**, le centre **Explorama** et la **Station scientifique Aster** dans l'Est du Québec.



Pat Dypold

Avec l'abonnement à Québec Science, rabais de 15 % sur le prix d'entrée dans les musées et centres participants



COSMODÔME



Musée d'archéologie et d'histoire de Montréal

POSTE-À-CALLIÈRE



La Station scientifique de Bon-Hôtel-Levesque



Centre de Découverte The Discovery Center



BIODÔME DE MONTRÉAL



PLANÉTARIUM DE MONTRÉAL



Québec Science vous invite à visiter 7 grands centres de découvertes du Québec

Cette offre prend fin le 28 août 2000. Les cartes-rabais peuvent être utilisées jusqu'au 15 octobre.



Je m'abonne pour



- 1 an (10 n^{os}) 41,35 \$
- 2 ans (20 n^{os}) 71,25 \$
- 3 ans (30 n^{os}) 98,87 \$

Taxes incluses
Offre valable au Canada seulement jusqu'au 28 août 2000

et je reçois ma carte-rabais

Nom _____

Adresse _____

ville _____ province _____

code postal _____ téléphone _____ courriel _____

Profession _____

Chèque Visa MasterCard
Chèque à l'ordre de Québec Science

N° de carte _____ Date d'expiration _____ / _____

Signature _____

Détachez et expédiez à Québec Science

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

ou téléphonez au : (514) 875-4444 ou 1 800 667-4444

ou télécopiez au : (514) 523-4444

ou par Internet : www.CyberSciences.com/abonnement

Numéro d'enregistrement de la TPS : R-1335-97427
Numéro d'enregistrement de la TVQ : 1013609085



Abonnez-vous par Internet : www.CyberSciences.com/abonnement et obtenez un Québec Science additionnel.

par Raynald Pepin

Le vent dans les voiles

Comment on mesure le puissant souffle d'Éole.

Musicien quand il fait trembler les feuilles, utilitaire quand il fait sécher les vêtements sur la corde, le vent peut aussi nous compliquer la vie lorsque, à vélo, il souffle en sens contraire. Mais l'été, en faisant de la voile, on peut prendre conscience de sa puissance : un bon coup de vent dans une voile tendue, voilà qui fait vivre de belles émotions !

Faire de la voile, c'est jouer avec le vent, déterminer d'où il vient, orienter la voile et le bateau pour en profiter plei-

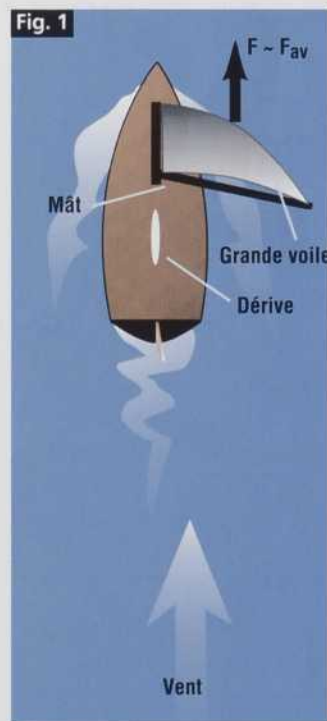
de la voile.

On comprend bien comment avance un bateau quand le vent frappe, de l'arrière, une voile perpendiculaire (voir figure 1). Chaque molécule d'air qui touche à la voile lui communique une petite impulsion. L'ensemble des collisions génère la force exercée, qui est transmise au mât et donc au bateau.

Ainsi poussé par l'arrière, le navire ira toujours moins vite que le vent. C'est que, dès que le bateau avance, la vitesse du vent par rapport à la voile diminue. Si le bateau avance à 10 kilomètres à l'heure (km/h) avec un vent arrière standard de 30 km/h, le vent résultant, ou vent apparent, n'est plus que de 20 km/h. La force sur la voile, qui dépend du vent apparent, est plus faible que quand le bateau était immobile.

Plus le bateau va vite, plus le vent apparent et la force exercée sur la voile diminuent. Le bateau ne peut donc pas dépasser 30 km/h. En réalité, à cause des vagues et de la résistance de l'eau sur la coque, la vitesse atteindra, au mieux, 10 à 15 km/h.

Que se passe-t-il si le vent ne vient pas de l'arrière ? Supposons qu'il arrive de côté, comme dans la figure 2. « Si on néglige la viscosité de l'air, la force s'exerçant sur la voile est perpendiculaire à la ligne joignant ses extrémités, dit Dominique Pelletier, spécialiste en mécanique des fluides à l'École polytechnique de Montréal. Une explication plus complète prend en compte la viscosité, mais le résultat



ne diffère pas beaucoup. »

Pour déterminer l'effet de la force F exercée sur la voile, on la décompose en deux parties : une force F_{av} dirigée dans l'axe du bateau, qui fait avancer ce dernier, et une force $F_{dér}$ perpendiculaire au bateau qui le fait dériver de côté. L'effet de cette force est annulé en bonne partie par la quille ou, pour les petits voiliers, par la dérive, un aileron faisant saillie sous le bateau.

Avec le vent de côté, la force F_{av} est évidemment nettement plus faible que la force F exercée sur la voile. Cependant, cette force F_{av} peut être aussi grande et même plus grande que la force exercée sur la voile par un vent arrière. Surprenant ? Non : parce que même si le vent réel vient de côté, le vent apparent ne dimi-

ne pas quand le bateau prend de la vitesse. Si on oriente la voile correctement, la force F est plus élevée que la force obtenue par vent arrière. C'est pourquoi par vent de travers, et avec une voile à l'avant (le foc) un bateau peut aller aussi vite, ou même un peu plus vite, qu'avec un vent arrière.

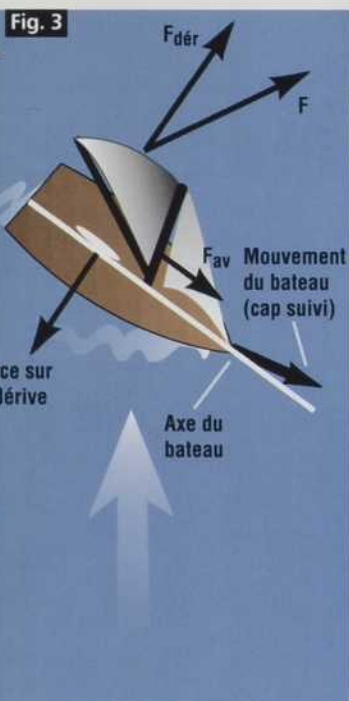
Un voilier peut même avancer contre le vent (pas directement contre, bien sûr : avec son avant exactement au vent, il ne peut que reculer). Le bateau peut cependant avancer assez vite si son axe est écarté de quelques dizaines de degrés du vent réel ; on parle typiquement de 45 degrés (voir figure 3).

Bien que le rapport F_{av}/F soit encore plus petit que par vent de travers, la force F_{av} s'approche aussi de la force exercée par vent arrière. En effet, plus le bateau va vite, plus le vent apparent augmente. C'est comme rouler à vélo avec le vent de face : plus on roule vite, plus le vent nous apparaît fort. Ce qui est dérangeant en vélo devient un avantage, sinon un plaisir, en voile !

Ainsi, le bateau peut donc louvoyer en allant alternativement de droite à gauche, « jouant » avec le vent. Puisque le vent apparent est grand, les passagers ont l'impression d'avancer très vite, ce qui n'est pas vraiment le cas.

Quand on navigue contre le vent ou avec un vent de côté, la force de dérive est très grande. Si l'axe du bateau était dans la même direction que le cap suivi, la seule résistance de l'eau sur la dérive ou la quille,

nement. En fait, c'est plutôt le vent qui joue avec le bateau et son équipage ; on se rend vite compte qu'il change constamment de direction et de vitesse. C'est ce jeu, tout à fait inégal, qui fait le plaisir



assez faible, ne suffirait pas à freiner le mouvement latéral du bateau. Même en alignant son axe sur l'objectif, il n'arriverait pas à l'endroit visé.

On évite cela en écartant l'axe, comme dans la figure 3, de un ou deux degrés en direction du vent par rapport au cap suivi. L'eau frappe alors la dérive ou la quille légèrement de biais, générant ainsi une force assez grande. On peut comparer cela à l'air frappant une aile d'avion légèrement



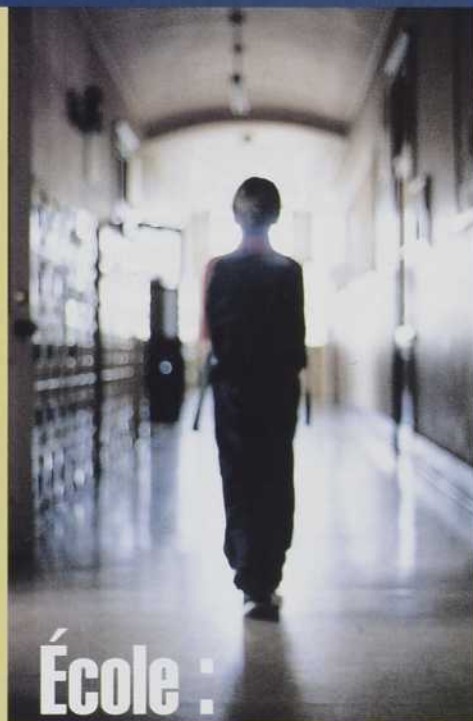
inclinée, qui engendre une force vers le haut. Cette « portance » due à la dérive ou la quille s'oppose à la pression de l'air et réduit considérablement la dérive latérale.

Les forces sur la voile et la quille se conjuguent pour déséquilibrer le bateau autour d'un axe longitudinal, comme on le remarque dans la figure 4, où le voilier de la figure 3 est représenté vu de l'avant. Ici, le voilier tend à gîter vers la gauche (bâbord). Afin de contrebalancer cette gîte, l'équipage doit se regrouper à droite (tribord), d'autant plus que le vent est fort. C'est pourquoi on voit parfois l'équipage s'asseoir sur le bord du bateau, et même à l'extérieur, en se retenant par des harnais !

Pour aller en ligne droite, il faut souvent tourner un peu le gouvernail. En effet, le bateau peut aussi être déséquilibré autour d'un axe vertical, parce que les forces exercées sur la dérive et sur la voilure ne s'appliquent pas au même point relativement à son axe. Ainsi, dans la figure 3, la force exercée sur la dérive se trouve en avant de la force exercée sur la grand-voile; cette disposition tend à faire tourner le bateau vers la droite, dans la direction du vent. Il se comporte alors un peu comme une girouette. L'utilisation d'une petite voile à l'avant, le foc, aide à équilibrer les forces.

Avec une planche à voile, on penche le mât vers l'avant ou vers l'arrière pour équilibrer les forces exercées respectivement sur la voile et la dérive. Le véliplanchiste arrive ainsi à tourner sans gouvernail.

Après avoir ingurgité ces notions, vous vous demandez si la voile n'est pas un peu trop fatigante mentalement ? Rassurez-vous : il n'est pas nécessaire d'effectuer toute cette analyse pour apprécier une sortie en voilier. Bon vent ! ●



École :

Ce qui va changer

À quoi doit servir l'école de demain ? Les cours sont-ils bien adaptés aux besoins de connaissance ? Les profs seront-ils remplacés par des ordinateurs ?

par Marie-Pier Elie

L'astronaute Judith Lapierre : témoignage exclusif

L'astronaute québécoise Judith Lapierre nous raconte l'étrange mission qu'elle a menée pendant 110 jours, alors qu'elle était enfermée dans une capsule spatiale russe.

par Vincent Sicotte



Les hôpitaux étouffent

Il fait trop chaud ? Prudence : les climatiseurs ne sont pas au-dessus de tout soupçon ! Surtout pas dans les hôpitaux.

par Sophie Payeur

Cap sur le futur, 7^e épisode

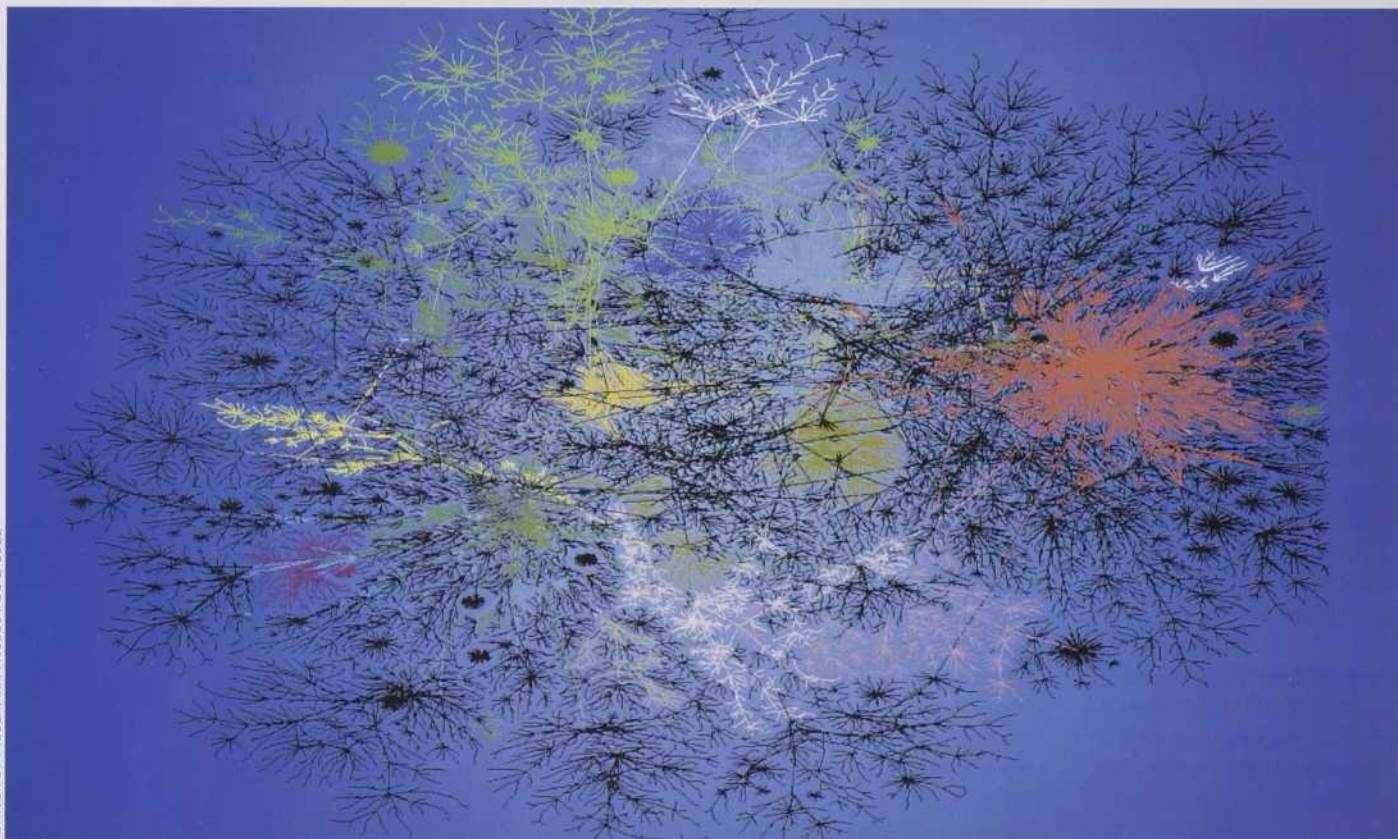
XXI^e siècle : le siècle des lumières

Québec est une ville lumière ! L'industrie de l'informatique est en train d'en faire un important pôle de développement pour la photonique.

par Louise Desautels

Le grand prêtre du Net

Qui l'eût cru ? C'est un jésuite paléontologue né au siècle dernier qui est la coqueluche des cybergourous...



NSF NCR-9711092 / ARPA N66001-98-2-8922

Après le cyberspace et les inforoutes, il semble qu'il faudra peut-être ajouter un nouveau

terme au vocabulaire branché : la « noosphère »... Qu'est-ce que cette nouvelle invention ? En fait, il s'agit plutôt de la résurrection de l'œuvre d'un jésuite français né au siècle dernier, à la fois mystique et paléontologue : Pierre Teilhard de Chardin (*voir encadré*).

Fervent promoteur de la théorie de l'évolution — ce qui était tout de même inusité chez un homme d'Église de son époque —, il avait imaginé que l'évolution de l'espèce humaine se poursuivrait avec

Une parcelle de l'incroyable enchevêtrement des connexions du réseau Internet. Les différentes couleurs représentent les grands transporteurs de données : MCI en rouge, ATT en vert olive, Sprint en gris foncé, etc. Cette carte a été réalisée par Daniel McRobb et Bradley Huffaker, du Cooperative Association for Internet Data Analysis, d'après une technique développée par Bill Cheswick (Lucent) et Hal Burch (Université Carnegie Mellon).

Pour en savoir plus : www.caida.org, www.peacockmaps.com

la création de la noosphère (« noo- », du mot grec *noos* qui signifie « esprit »), une sorte de sphère mentale émanant de la convergence de tous les esprits humains, qui se superposerait à la biosphère pour envelopper toute la Terre. À terme, cela doit mener au point Oméga où, comme l'explique Teilhard de Chardin dans son livre *La Place de l'homme dans la nature*, « l'humanité finira quand, ayant enfin compris,

elle aura, par une Réflexion totale et finale, tout ramené en elle à une Idée et à une Passion communes ».

L'œuvre de Teilhard de Chardin, parue après sa mort, suscitera durant une dizaine d'années un certain engouement. Avec Marshall McLuhan, le père du « village global », il est souvent considéré comme l'un des penseurs qui ont le plus influencé la contre-culture des années 60. D'ailleurs, McLuhan s'est lui-

même inspiré des idées du jésuite. La « conscience collective » de Teilhard de Chardin préfigure aussi la fameuse hypothèse Gaia, popularisée par James Lovelock dans les années 70, selon laquelle tous les écosystèmes terrestres forment un superorganisme plus ou moins conscient.

Après quelques années, le théologien — et sa noosphère — semble tomber dans l'oubli, ne laissant que ses travaux de paléontologie à la

mémoire de la postérité.

Curieusement, c'est grâce à Internet que Teilhard de Chardin effectue aujourd'hui un retour en force. Sur la Toile, on peut trouver de nombreuses pages qui lui sont dédiées, tant dans les réseaux académiques (1, 2, 3) que dans les cercles d'amateurs de Nouvel Âge (4, 5). On retrouve ses idées chez des cybergourous influents, comme John Perry Barlow. Même le vice-président (et peut-être futur président) américain Al Gore a avoué, dans son livre *Earth in Balance*, y avoir trouvé une source d'inspiration. Et c'est sans compter les nombreuses références à la noosphère, particulièrement dans le monde des *hackers*. Par exemple, Eric S. Raymond, l'un des théoriciens du mouvement du logiciel libre, a publié un essai intitulé *À la conquête de la noosphère (Homesteading the Noosphere)* (6).

A lors que, pour Teilhard de Chardin, la noosphère revêtait surtout une dimension spirituelle, ses nouveaux apôtres y voient, eux, un caractère résolument technologique. On l'aura deviné : la noosphère n'est rien d'autre que... le réseau Internet. On va même jusqu'à considérer, comme Jennifer Cobb Kreisberg qui a publié un article (7) sur le sujet dans le magazine américain

Wired, que Teilhard de Chardin aurait prédit l'apparition de l'ordinateur et d'Internet !

Il faut dire que les appareils électroniques exerçaient sur le jésuite une fascination particulière. Dans son livre *La Place de l'homme dans la nature*, il évoque, à propos de la recherche sur l'intelligence : « (...) ces extraordinaires machines électroniques (amorce et espoir de la jeune "cybernétique") par lesquelles notre pouvoir mental de calculer et de combiner se trouve relayé et multiplié (...) dans des proportions (...) aussi merveilleuses que celles apportées par l'optique à notre vision ».

Malgré les réserves que l'on peut exprimer sur les conceptions de Teilhard de Chardin, on peut tout de même s'étonner de ce désir de donner une dimension spirituelle aux nouvelles technologies, particulièrement à Internet, allant même jusqu'à envisager leur invention comme une manifestation de la volonté divine. Qui aurait songé, par exemple, à « déifier » l'automobile ou la télévision ? « Le XXI^e siècle sera religieux ou ne sera pas », a déjà affirmé l'écrivain André Malraux. Comme ce sera également celui des technologies de l'information, il semble que Teilhard de Chardin et sa noosphère offrent un moyen élégant de combiner les deux...

La noopolitik

La politique internationale, c'est dans la noosphère que ça se passe ! C'est en tout cas l'avis de deux chercheurs de la Rand Corporation, un institut américain spécialisé dans les questions militaires. En 1999, John Arquilla et Davis Ronfeldt ont fait paraître *The Emergence of Noopolitik : Toward an American Information Strategy*, un traité de politique étrangère et de stratégie militaire à l'ère de l'information. Après la *realpolitik*, qui privilégie la force et le pragmatisme aux dépens de l'idéologie, serait maintenant venue l'heure de la « noopolitik » qui favorise la manipulation de l'information.

<http://www.rand.org/publications/MR/MR1033/MR1033.pdf/index.html>

www.Dieu.net



Entre les pierres du célèbre « Mur des lamentations », un vestige de l'ancien temple de Jérusalem, des centaines de personnes ont pris l'habitude de glisser des bouts de papier portant une requête adressée au Tout-Puissant. Cette tradition séculaire est maintenant à l'heure d'Internet. Nul besoin désormais de se rendre à Jérusalem pour avoir sa chance, il suffit d'accéder au site de Aish.com. On tape sa demande, laquelle sera ensuite imprimée et placée dans le Mur. Une webcam permet également de contempler le Mur 24 heures sur 24. http://aish.com/wallcam/Place_a_Note_in_the_Wall.asp

LE JÉSUIE COSMIQUE

Pierre Teilhard de Chardin (1881-1955) voit le jour à Sarcenat, en Auvergne. Il devient novice de la Compagnie de Jésus en 1899 et est ordonné prêtre en 1911. Après avoir obtenu un doctorat en sciences naturelles, il enseigne la paléontologie et la géologie à l'Institut de Paris. En 1923, il effectue un premier voyage en Chine, comme chargé de mission scientifique. Au cours de ses séjours subséquents, il participera à la découverte du sinanthrope (ou *Homo erectus pekinensis*) et il occupera, tout au long de sa vie, des postes importants dans divers organismes internationaux. Encore aujourd'hui, Teilhard de Chardin est considéré comme un brillant paléontologiste.



Ses travaux scientifiques sont intimement liés au développement de sa pensée mystique. Conquis par la théorie de l'évolution, il entreprend de réconcilier la science et la foi. Au lieu d'un cosmos statique, il imagine un univers en constante évolution où, guidée par Dieu, la matière inanimée se complexifie sans cesse pour devenir vivante et ensuite consciente avec l'apparition de l'être humain. Cependant, l'Église ne voit pas ses théories d'un très bon œil et lui impose la censure. Ses œuvres, dont les plus célèbres sont *Le Phénomène humain* et *L'Avenir de l'homme* (Éditions du Seuil), ne seront publiées qu'après sa mort, survenue à New York, en 1955.

CyberRessources

- (1) **Fondation Teilhard de Chardin**
<http://www.mnhn.fr/teilhard/>
- (2) **Cercle d'études Teilhard de Chardin**
<http://www.trip.com.br/teilhard/francais.htm>
- (3) **Global Consciousness Project — Université Princeton**
<http://noosphere.princeton.edu/>
- (4) **Technoetic**
<http://www.technoetic.com/noosphere/>
- (5) **fUSIONaNOmaly**
<http://www.dromo.com/fusionanomaly/noosphere.html>
- (6) **À la conquête de la noosphère**
<http://www.linux-france.org/article/these/noosphere/>
- (7) **A Globe, Clothing Itself with a Brain (Wired)**
http://www.wired.com/wired/archive/3.06/teilhard_pr.html

Des chiffres et des jeux

par Jean-Marie Labrie

Jeu n° 89 Une grille à franchir !

Dans la grille ci-dessous, qui comprend 20 nombres, on doit toujours commencer par 1 et finir par 18. On effectue la somme des points accumulés en passant d'une case à l'autre. Le passage d'une case à l'autre se fait si elles ont un côté commun. On ne doit pas passer deux fois par la même case.

- a) Quel est le maximum de points que l'on peut obtenir ?
- b) Quel chemin doit-on prendre pour obtenir 144 points ?
- c) Quel est le chemin à parcourir pour obtenir 195 points ?

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 10 | 9 | 8 | 7 | 6 |
| 11 | 12 | 14 | 14 | 15 |
| 20 | 19 | 18 | 17 | 16 |

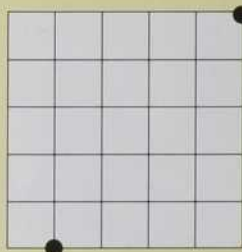
Jeu n° 91 Parallélogrammes tirés de quadrilatères !

Soit un quadrilatère quelconque ABCD. Tracez les points milieux EFGH des 4 côtés.

- a) Montrez que la figure formée à partir des points milieux est un parallélogramme.
- b) Comparez l'aire du parallélogramme ainsi formé à l'aire du quadrilatère initial.

Jeu n° 92 Savez-vous planter des arbres ?

Un terrain est assimilable à une grille 5 sur 5, sur laquelle il est possible de planter un arbre à chacune des 36 intersections. Deux arbres (2 points) sont déjà là, comme l'indique l'illustration.



Plantez 4 nouveaux arbres de façon à trouver 15 distances différentes entre un arbre et ses 2 voisins (2 solutions).

Jeu n° 90 Une curiosité des 9 chiffres arabes !

Trouvez les valeurs respectives des lettres M, N, O, P, Q, R, S, T, U (de 1 à 9) pour que la somme des trois fractions suivantes :
 M/N , P/Q , S/T soit égale à 1.

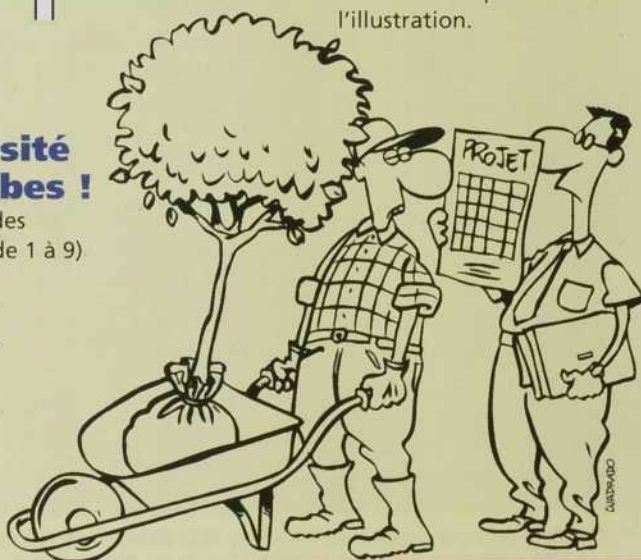


Illustration: Marc Cuadrado

Solutions de juin 2000

Jeu n° 86 Un partage égal !

Il faudra effectuer, au minimum, 10 transvasements ou opérations. Voici comment :

| Récipient Contenant de Ordre des opérations | 1 ^{er} 12 litres | 2 ^e 7 litres | 3 ^e 5 litres |
|---------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 ^{re} | 5 litres | 7 litres | 0 litre |
| 2 ^e | 5 litres | 2 litres | 5 litres |
| 3 ^e | 10 litres | 2 litres | 0 litre |
| 4 ^e | 10 litres | 0 litre | 2 litres |
| 5 ^e | 3 litres | 7 litres | 2 litres |
| 6 ^e | 3 litres | 4 litres | 5 litres |
| 7 ^e | 8 litres | 4 litres | 0 litre |
| 8 ^e | 8 litres | 0 litre | 4 litres |
| 9 ^e | 1 litre | 7 litres | 4 litres |
| 10 ^e | 1 litre | 6 litres | 5 litres |

Un frère prend le récipient qui a 6 litres et l'autre prend ce qu'il y a dans les deux autres.

Jeu n° 87 Êtes-vous un bon détecteur de mensonges ?

En considérant que Claude a bel et bien 19 ans, il serait le plus jeune. Alors Claude n'aurait pas 21 ans; les deux autres affirmations de Bernard seraient vraies : entre Claude et lui, il y aurait 3 ans. Alain ne peut plus avoir 18 ans; les deux autres affirmations d'Alain seraient vraies; il aurait 20 ans. Alain a 20 ans, Bernard a 22 ans et Claude a 19 ans.

Jeu n° 88 Un produit remarquable ?

Il y a plusieurs solutions

- 1) $45(45-1) = 1980$
- 2) $43(43-1) = 1806$
- 3) $57(57-1) = 3192$
- 4) $33(33-1) = 1056$
- 5) $86(86-1) = 7310$

Niveaux de difficulté

● : débutant ■ : intermédiaire ◆ : expert



*Sociétés
d'investissement
Innovatech :
les spécialistes
du financement
en haute technologie*

CAPITAL :
525 000 000 \$

PORTEFEUILLE :
**170 ENTREPRISES
PROMETTEUSES**

Dans le milieu du capital de risque depuis 1992, les sociétés Innovatech, avec un fonds de 525 millions de dollars, comptent 170 entreprises dans leurs portefeuilles combinés.

Couvrant tout le Québec, les sociétés Innovatech investissent dans une variété de projets à contenu technologique avec une préférence pour les investissements dans le domaine de l'innovation et du transfert technologique et les premières ou deuxièmes rondes de financement.

Pour des renseignements
au sujet d'un partenariat fructueux :

MONTRÉAL
2020, rue University
Bureau 1527
Montréal H3A 2A5
(514) 864-2929

SHERBROOKE
455, rue King Ouest
Bureau 305
Sherbrooke J1H 6E9
(819) 820-3305

QUÉBEC
10, rue Pierre-Olivier-Chauveau
Québec G1R 4J3
(418) 528-9770

RÉGIONS RESSOURCES
10, rue Pierre-Olivier-Chauveau
Québec G1R 4J3
(418) 528-0315



Innovatech
Sociétés d'investissement

www.innovatechcapital.com

L'histoire de la Gaspésie est gravée dans la pierre...



UNESCO - Patrimoine mondial



DE BAQUAIGUOUS À MANBETHE



S'évader en Gaspésie, c'est comme emprunter l'itinéraire d'un monde vrai et serein dont la beauté de la nature se mêle harmonieusement aux couleurs d'une culture inscrite à fleur de roches.

Classé patrimoine de l'UNESCO, le parc de Miguasha est l'un des plus prestigieux sanctuaires fossilifères au monde.

Attirant des chercheurs du monde entier dès 1880, il constitue une photographie précise, fascinante et incroyablement bien préservée de l'époque dévonienne, un milieu de vie ayant existé il y a environ 370 millions d'années.

Venez découvrir notre petit bout du monde, cette montagne pleine de magie enlacée par la mer.
Bien d'autres surprises vous y attendent!

Communications ET DÉVELOPPEMENT • Photographies : parc de Miguasha et M. L. F.

Les vacances
en Gaspésie,
c'est l'idéal.



Québec



Parc
de Miguasha

La
Gaspésie
De nature à vous plaire

1.800.463.0323 • www.tourisme-gaspesie.com • info@tourisme-gaspesie.ca