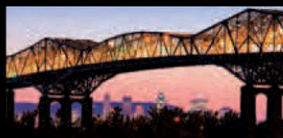


POURQUOI
ON BÂILLE



L'éco-carnaval
DE RIO



PONT CHAMPLAIN
CHRONIQUE D'UNE
MORT ANNONCÉE

QS
Québec Science

Juin-Juillet 2012



NOS PLUS BEAUX TRÉSORS GÉOLOGIQUES

L'histoire cachée des paysages

**BOSON DE HIGGS:
L'ÉTAU SE RESSERRE**

**LE GRAND NORD
DANS UN PETIT POT**

**LE PRINTEMPS SILENCIEUX
DES ABEILLES**

quebecscience.qc.ca



EN KIOSQUE JUSQU'AU 19 JUILLET 2012

40065387

PRIX DU PUBLIC QUÉBEC SCIENCE DÉCOUVERTE DE L'ANNÉE 2011



Émilie Tarroux, étudiante au doctorat en sciences de l'environnement et
Annie DesRochers, professeure-chercheure à l'Unité de recherche et de
développement forestiers de l'Abitibi-Témiscamingue

PHOTO : KARINE BELZILE

TOUTES NOS FÉLICITATIONS À ANNIE DESROCHERS ET ÉMILIE TARROUX

Les deux jeunes chercheuses de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT) ont reçu le **Prix du public Québec Science – Découverte de l'année 2011** pour leurs révolutionnaires travaux de recherche sur l'interconnectivité racinaire des peuplements forestiers. Une découverte qui pourrait bouleverser les pratiques forestières actuelles au Québec et dans le monde entier.

LA RECHERCHE À L'UQAT : INNOVANTE, PERTINENTE, AUDACIEUSE



Université du Québec
en Abitibi-Témiscamingue

uqat.ca/recherche

Une histoire gravée dans la roche

Pour nombre d'entre nous, l'histoire du Québec commence avec l'arrivée de Jacques Cartier. D'autres, plus inclusifs ou plus érudits, racontent l'histoire des premiers habitants, les Amérindiens, qui vivaient en ces vastes contrées bien avant l'arrivée des Français.

Mais qui raconte l'histoire d'il y a des millions, voire des milliards, d'années? Qui sait ce qui s'est passé ici à ces périodes géologiques lointaines que l'on nomme l'Ordovicien, le Silurien, le Précambrien, le Carbonifère? Qui sait que notre pays a été entièrement recouvert de glaces? D'eau? Et secoué par des tremblements de terre et des éruptions volcaniques qui ont façonné le paysage que nous connaissons aujourd'hui? C'est pour nous apprendre cette autre histoire, et aussi pour protéger ces sites qui témoignent d'un passé très lointain, que le Québec a décidé de se constituer un patrimoine géologique. Ce n'est encore qu'un projet mais, en avant-première, nous vous invitons à découvrir une quarantaine de sites triés sur le volet, qui nous font voir notre géographie autrement.

La rédaction

PAGE COUVERTURE: MATHIEU DUPUIS



Le site des chutes Montmorency est le point de rencontre de trois formations géologiques : le Bouclier canadien, les Basses-Terres du Saint-Laurent et les Appalaches.



EN COUVERTURE

21 Quarante merveilles géologiques du Québec

Vous pensiez connaître le Québec? Découvrez les traces qu'ont laissées dans le paysage les grands événements géologiques, des périodes glaciaires aux éruptions volcaniques, quelques cratères météoritiques inclus.

Par Joël Leblanc

À votre tour, faites-nous découvrir quelques merveilles. Voir page 12.



17 L'heure de vérité pour le boson de Higgs

On la cherche depuis longtemps, cette mystérieuse particule qui explique la construction de l'Univers. D'ici quelques semaines, les chercheurs devraient être en mesure d'annoncer son existence, ou de la réfuter définitivement. Voyage au pays du Higgs.

Par Marine Corniou

34 Pourquoi bâille-t-on?

Plusieurs fois par jour, femmes, hommes, enfants, singes et lézards s'y adonnent. Même les corneilles bâillent! Bizarrement, ce mouvement involontaire reste un mystère pour la science...

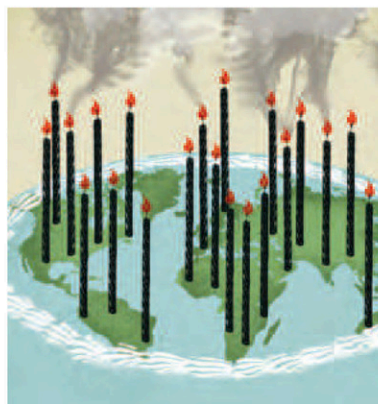
Par Anne-Marie Simard

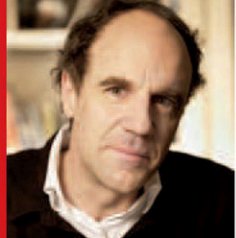


40 «Vingt ans après Rio, nous n'avons absolument rien appris»

Le Sommet de la Terre se tiendra dans quelques semaines. Que peut-on en attendre? L'analyse de Christian Simard, directeur général de Nature Québec.

Propos recueillis par Raymond Lemieux





L'empreinte d'un touriste

Peut-on voyager écolo? Sur la route des vacances, on vagabonde en pleine «écoconfusion».

On a beau se donner bonne conscience en discourant sur l'écotourisme, le tourisme équitable, vert, responsable, durable, etc. On a beau économiser l'eau, les serviettes, le savon et couper l'air climatisé dans les hôtels. On a beau choisir un transporteur aérien qui se proclame «vert». On a beau se faire rebattre les oreilles avec des notions comme l'«éthique du voyageur», nos vacances occasionnent de profondes traces dans l'environnement. Et il serait peut-être temps de reconnaître la lourde empreinte écologique¹ laissée par cette activité humaine qui atteint une ampleur sans précédent dans l'histoire de l'humanité.

Cette année, auront lieu plus de 1 milliard de déplacements transfrontaliers, a calculé l'Organisation mondiale du tourisme (OMT), une instance des Nations unies. Pour se loger, se déplacer, visiter des musées et goûter aux plats ainsi qu'aux vins locaux, les touristes ont dépensé, en 2010, 693 milliards de dollars, ce qui représente 12 %

liens se plaignent des dommages causés à leur écosystème par les déchets des touristes. Rappelons aussi que nombre d'infrastructures hôtelières ont été érigées le long des plus belles plages de la planète. La construction des ensembles hôteliers sur le littoral de l'océan Indien, en Asie du Sud-Est, a détruit les forêts de mangroves qui constituaient une barrière protectrice naturelle, laquelle aurait été précieuse quand un tsunami a dévasté cette région, en 2004. Et que dire des *resorts* qui proposent aux vacanciers terrains de golf et piscines dans des pays assoiffés où l'on peine à trouver de l'eau potable? Et

pendant qu'on y est, rappelons ce chiffre de l'Organisation mondiale du tourisme : 10 % des touristes qui se déplacent le font pour obtenir des faveurs sexuelles exotiques.

Le sociologue Rodolphe Christin, dans un rare essai² critiquant le tourisme, fait quant à lui remarquer que seulement 3,5 % de la population mondiale pratique cette activité. C'est un privilège de riches. Il s'interroge : « Qu'est-ce que cela nous apporte? Voyageons-nous pour oublier

nos semblables? Notre travail? Notre mal de vivre? Alors, il s'agirait d'une fuite, non pas d'un voyage. » Il propose d'ailleurs de renouer avec la notion de voyage qui donne plus d'importance au chemin qu'à la destination.

Pour être respectueux de l'environnement, sommes-nous condamnés à passer l'été à « Balconville, P.Q. »? Faut-il carrément abolir les vacances pour épargner notre planète? Passer nos étés au Québec à faire du vélo, du camping ou du jardinage? Mais alors, comment s'ouvrir aux autres cultures? Nous ne sommes pas à une «écocontradiction» près.

¹ L'empreinte écologique est une mesure qui tient compte des surfaces terrestre et marine nécessaires pour subvenir à notre consommation (ainsi que pour absorber les déchets que nous générons). Chaque Terrien consomme en moyenne 2,7 hectares de notre planète, selon le Fonds mondial de la nature. Chaque Canadien, 7,6 hectares. Il existe plusieurs calculateurs d'empreinte écologique (dont www.myfootprint.org/fr ou www.zeroges.com/fr/calculatrice_empreinte_carbone.html). Mais aucun de ceux que nous avons consultés ne questionne notre manière de prendre des vacances.

² *Manuel de l'antitourisme*, Les Éditions Écosociété, 2010.

+ Pour en savoir plus
www.manicore.com/documentation/tourisme



du PIB mondial. Les Canadiens sont d'ailleurs ceux qui dépensent le plus en activités touristiques (22 milliards de dollars par année) soit 866 dollars par habitant; ce qui est 3 fois plus que l'États-Unien moyen. Pour certains pays du Sud, ce genre de dépenses constitue la deuxième source de revenus. Juste après le pétrole.

Mais il y a un revers aux cartes postales. « Le tourisme tel qu'il est pratiqué dans la plupart des régions du tiers-monde a causé plus de ravages qu'il n'a apporté d'avantages », signalait la Coalition océanique sur le tourisme du tiers-monde (inspirée par des missionnaires?) lors de la première conférence mondiale sur le tourisme durable, qui a eu lieu en 1995. Même si on dort sous la tente en Amazonie, il faudrait planter plusieurs milliers d'arbres pour compenser la pollution générée par le voyage en avion. Soixante pour cent du trafic aérien mondial est associé au tourisme, ce qui correspond à 5 % de toutes les émissions de gaz carbonique.

Selon l'OMT, la majorité des pays qui possèdent des récifs coral-

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

Rédactrice en chef adjointe Pascale Millot
p.millot@quebecscience.qc.ca

Reporter Marine Corniou
Collaborateurs Serge Bouchard, Viviane Desbiens,
Catherine Girard, Joël Leblanc, Jessica Nadeau,
Jean-Pierre Rogel, Isabelle Rouleau,
Jean-Hugues Roy et Anne-Marie Simard

Correcteur Luc Asselin
Directeur artistique François Émond
Photographes/illustrateurs Frefon, Mathieu Dupuis,
Philippe Jasmin, Pierre Lahoud, Aaron mcConomy,
Anne Villeneuve

Éditeur Pierre Sormany
Administration et distribution Michèle Daoust
Comptabilité Mimi Bensaid
Directrice marketing et partenariats Caroline Guay
Chargée de projets marketing et partenariats Caroline Pou
Attachée de presse Véronique Lavoie

PUBLICITÉ
Nathalie Dubreuil
Tél.: 450 441-5718 514 512-4800
ndubreuil@velo.qc.ca

Claudine Mailloux
Tél.: 450 929-1921 514 909-4601
cmailloux@velo.qc.ca

SITE INTERNET
www.quebecscience.qc.ca

Abonnements
Canada : 1 an = 35 \$ + taxes,
États-Unis : 72 \$, Outre-mer : 95 \$
Parution : Mai 2012 (498^e numéro)

Service aux abonnés
Pour vous abonner, vous réabonner ou offrir un
abonnement-cadeau. **www.quebecscience.qc.ca**
Pour notifier un changement d'adresse.
Pour nous aviser d'un problème de livraison.
changementqs@velo.qc.ca
Service aux abonnés : 1251, rue Rachel Est,
Montréal (Qc) H2J 2J9
Tél.: 514 521-8356 poste 504
ou 1 800 567-8356 poste 504

Impression Transcontinental Interweb
Distribution Les Messageries de Presse Benjamin

Québec Science est publié par Vélo Québec Éditions
Dépôt légal : Bibliothèque nationale du Québec,
Bibliothèque nationale du Canada : ISSN-0021-6127
Envoi Poste-Publications Convention n° 40065387.
© Copyright 2012 – La Revue Québec Science. Tous droits
de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés.

Le magazine sert avant tout un public qui recherche une
information libre et de qualité en matière de sciences et
de technologies. La direction laisse aux auteurs l'entière
responsabilité de leurs textes. Les manuscrits soumis à
Québec Science ne sont pas retournés.

Indexé dans **repère**

MAGAZINES DU QUÉBEC



Québec Science reçoit l'aide financière du ministère du
Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation.
Nous reconnaissons l'aide financière du gouvernement du Canada
par l'entremise du Fonds du Canada pour les périodiques (FCP)
pour nos activités d'édition.

La Revue Québec Science
1251, rue Rachel Est
Montréal (Québec) H2J 2J9
514 521-8356
courrier@quebecscience.qc.ca

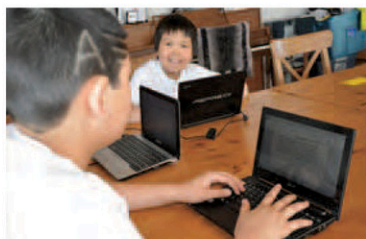


44 Le pont des soupirs

Considéré comme une prouesse d'ingénierie à l'époque, le pont Champlain était
pourtant intrinsèquement vulnérable, dès sa construction, en 1962. Il est aujourd'hui
irréremédiablement endommagé. A-t-on tiré les leçons du passé?

Par Jean-Hugues Roy

Actualités et rubriques



4 BILLET
L'empreinte d'un touriste
Par Raymond Lemieux

7 AU PIED DE LA LETTRE
Votre courrier

49 SUIVEZ LE GUIDE
Par Viviane Desbiens

51 AUJOURD'HUI LE FUTUR

52 LU POUR VOUS
L'œil de l'esprit
Par Isabelle Rouleau

53 TOILE DE FOND
Par Marine Corniou

8 Mon ordi en inuktitut

Traduire Office et Windows dans la langue
d'Agaguk n'a pas été chose facile. Mais
aujourd'hui, les Inuits peuvent utiliser leur
ordinateur avec leurs propres mots.

Par Pascale Millot

11 Le cimetière des abeilles

Depuis quelques années, les abeilles
tombent comme... des mouches.
À qui la faute?

Par Jessica Nadeau

EURÊKA!



15 La crème du Grand Nord

Les propriétés du varech du nord du
Québec permettraient de produire des
cosmétiques d'une qualité inégalée.

Par Catherine Girard

Nos chroniqueurs

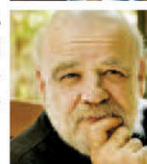
6
Camil Bouchard
Voile d'ignorance



14
Jean-Pierre Rogel
Prévoir l'extrême



54
Serge Bouchard
La montagne du Diable



Voile d'ignorance

Le gouvernement Harper, dont plusieurs ministres sont d'ardents défenseurs du créationnisme, se méfie de la connaissance et de la science comme les vampires de l'ail.

Jusqu'à récemment, je n'avais jamais ressenti de honte à montrer mon passeport canadien. Un malaise, oui – je suis indépendantiste, ce n'est un secret pour personne –, mais pas de honte. Le Canada a toujours eu bonne réputation dans le monde. Le passeport canadien aussi.

Mais tout cela a basculé ces dernières années. Les changements climatiques sont désormais traités comme une chimère par le gouvernement; d'une force de paix, l'armée canadienne est devenue une force de guerre; les demandeurs d'asile, y compris les enfants, sont mis en prison; l'éducation et la réadaptation sont remplacées par des peines carcérales; la torture est devenue acceptable, pourvu qu'elle soit le fait d'un allié du Canada. Et, comme si ce n'était pas assez, des interventions tout aussi tonitruantes que savamment orchestrées remettent en cause l'abolition de la peine de mort et le droit à l'avortement.

On pourrait voir dans ces changements l'expression d'une idéologie conservatrice qui n'attendait que son heure. Après tout, l'ouest du pays peste depuis belle lurette contre les politiques plus progressistes alimentées par les territoires du centre du Canada. Mais il y a davantage. Nombre des changements de cap adoptés par le gouvernement canadien sont aussi les symptômes d'une profonde allergie de l'administration Harper à l'égard de la connaissance, de la recherche et de la science. Cette administration se méfie de la connaissance comme les vampires de l'ail.

Les manifestations de cette méfiance ne manquent pas. La première nous a été donnée alors que Stephen Harper choisissait le chiropraticien Gary Goodyear comme ministre d'État aux Sciences et à la Technologie. Hormis son intérêt pour remettre à neuf des motocyclettes usagées (voir son site Web), M. Goodyear est reconnu pour son adhésion au créationnisme. Entre Dieu et Darwin pour expliquer l'apparition de l'humain sur Terre, il choisit Dieu. En cela, il partage l'opinion de 39 % des habitants de la Saskatchewan et du Manitoba (17 % seulement des Québécois). Ce qui inquiète dans ce dossier, ce n'est pas tant que M. Goodyear soit créationniste; cela est une affaire de croyance personnelle. Ce qui trouble, c'est qu'on lui confie la gestion des politiques et des institutions de recherche au Canada. Et il n'est pas le seul de son camp à siéger au conseil des ministres. Plusieurs de ses collègues sont d'ardents défenseurs

de la thèse de la création divine ou, à tout le moins, ils se montrent ambivalents dans leurs prises de position.

Cette présence des créationnistes au sein du gouvernement Harper témoigne, de fait, des sédiments évangélistes et fondamentalistes qui se sont déposés dans le parti conservateur lors de la fusion des alliancistes et des progressistes-conservateurs, en 2003.

On ne se surprendra pas, alors, que la loi du talion fasse partie des principes et valeurs qui inspirent le gouvernement Harper dans l'adoption de peines de prison plus fréquentes et plus sévères, même pour les délits mineurs. Cette approche

« œil pour œil, dent pour dent » prévaut, même si les données scientifiques les plus robustes font la démonstration de son inefficacité et alors

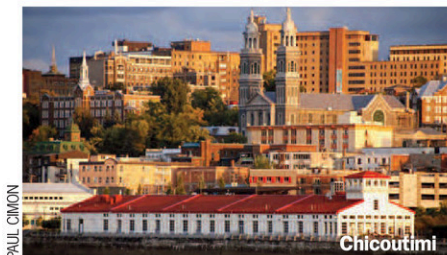
que les crimes contre les personnes et contre la propriété ont diminué de 36 % entre 1991 et 2006 au Canada. Qu'à cela ne tienne, il devient désormais plus important de construire des prisons que de soutenir la recherche, surtout si cette recherche accroît les connaissances des Canadiens à propos de leur propre évolution.

Car c'est aussi dans ce cadre qu'il faut comprendre l'abandon par le gouvernement Harper du questionnaire long obligatoire dans les activités de recensement. Ce changement a provoqué la démission

du statisticien en chef qui marquait ainsi son désaccord profond avec cette décision. Recouvrir la population d'un voile d'ignorance fait désormais partie de la gouvernance canadienne. Une approche morale fondée sur les enseignements de la Genèse n'a que faire de données longitudinales pour inspirer nos politiques et programmes sociaux. De même qu'elle peut faire sans un scientifique en chef dont le siège reste vacant. Cela s'accorde bien, également, avec un gouvernement qui érige une muraille quasi infranchissable entre les 23 000 scientifiques ou techniciens travaillant en son sein et les médias. Après tout, pourquoi en matière de réchauffement climatique, de sécurité alimentaire, d'intervention en toxicomanie aurions-nous besoin de savoir, de la bouche des chercheurs, ce qui se passe alors que la voix de Dieu est si éloquente? Depuis quand Dieu a-t-il besoin des chercheurs pour éclairer le gouvernement et le peuple? Et des journalistes pour transmettre leur science au plus grand nombre? Depuis quand Dieu a-t-il besoin de la démocratie?



Pour l'amour des noms



Francine Adam, fille de l'Abitibi et résidente de **Palaiseau**, tenait à remercier Serge Bouchard pour sa chronique « Le beau nom de Chicoutimi ». Aux amoureux de la toponymie, elle recommande l'ouvrage qu'elle vient tout juste de rédiger, version remaniée de sa thèse en géographie culturelle, titrée *Des noms et des lieux – La médiation toponymique au Québec et en Acadie du Nouveau-Brunswick*, qu'elle a soutenue en 2008 à l'Université Paris IV-Sorbonne. www.theses.paris-sorbonne.fr/These.Francine.ADAM.pdf

Des nanos en petits pots



Après avoir lu le reportage de Marine Corniou sur les nanoparticules (« Nanotechnologies – Une révolution invisible », mars 2012) **France Duchesne**, une abonnée de **Montréal**, se demandait comment repérer les nanos sur les étiquettes de contenants de crème solaire. « Le dioxyde de titane et l'oxyde de zinc, ça s'appelle comment sur ces pots? J'ai lu les ingrédients sur les deux bouteilles que j'ai à la maison et ce n'est vraiment pas évident. On nous suggère fortement de nous couvrir de crème solaire pour éviter les mélanomes, mais le remède pourrait-il être à la source du problème? Troublant. »

Notre réponse : A priori, si vous ne voyez pas « dioxyde de titane » ou « oxyde de zinc » écrit dans la liste des ingrédients, c'est que votre crème n'en contient pas. Pour le reste, nous vous conseillons cet article qui donne quelques pistes : www.consoglobe.com/nanoparticules-cosmetiques-conseils-3858-cg

Oups!

La photo illustrant l'article de la page 9 du numéro d'avril-mai 2012 (« La planète des microbes ») est inadéquate. « Cette

photo représente en effet des diatomées, nous fait remarquer l'enseignante en biologie **Marie-Claire Desjardins**, de **Montréal**. Ce sont des protistes; pas des bactéries, ni des virus, ni des animaux unicellulaires. Les protistes font partie d'un

règne à part qui comprend plusieurs algues, telles que les diatomées, des unicellulaires d'une beauté exceptionnelle. Les diatomées sont des unicellulaires; c'est à peu près la seule caractéristique qu'elles partagent avec les bactéries. »

Trop facile, notre sudoku

Rémi d'Anjou, de **Québec**, a trouvé notre sudoku (avril-mai) beaucoup trop facile à résoudre. Ce crack nous soumet à son tour une grille qui lui donne du fil à retordre. Saurez-vous la résoudre?

1								2
	9		4				5	
		6				7		
	5		9		3			
				7				
			8	5			4	
7							6	
	3				9		8	
		2						1

d'apprendre que le fait de n'avoir que 17 indices ne garantit en rien la difficulté d'une grille de sudoku. Il existe en fait des sudokus à 17 indices des plus faciles aux plus difficiles. « Si on classe les sudokus par niveau de difficulté sur une échelle de 1 (les plus faciles) à 10 (les plus difficiles), la grille que vous avez publiée dans le numéro d'avril-mai est un simple 2,1 qui ne nécessite que les techniques de résolution les plus simples. La grille connue à 17 indices la plus difficile (la grille numéro 200 de mon premier recueil) se classe à 8,0 sur cette échelle de 1 à 10. » M. Alary nous propose ci-dessous une de ses grilles les plus difficiles. Les amateurs en trouveront d'autres sur son site Web.sudoku.alary.org.

Un autre lecteur, **Antoine Alary**, de **San José**, en **Californie**, qui a lui-même publié 2 recueils de sudokus de 200 grilles comptant seulement 17 indices (*Extreme Sudoku* et *More Extreme Sudoku*), a été agréablement surpris de découvrir dans ce numéro la grille avec seulement 17 indices et une mention à l'effet que 17 est le nombre minimal d'indices nécessaires afin d'obtenir une solution unique pour un sudoku classique de 9 cases sur 9. Il précise toutefois : « Vous présentez la grille à 17 indices comme un "défi". Vos lecteurs seront sûrement heureux

				5		1		
3							9	
7								
			7	9				
	5					2		
8			3					
			9				3	8
6								7
	1							

La solution sur notre site web et dans notre prochain numéro

Le génie nous rend hommage

Le 3 mai dernier, l'Ordre des ingénieurs du Québec a remis à **Québec Science** le prix « Hommage reconnaissance pour contribution exceptionnelle envers la profession par une personne non ingénieure ». Ce prix souligne le mérite exceptionnel d'une personne (dans ce cas-ci, l'équipe de **Québec Science**) qui, tout en n'étant pas membre de l'Ordre, a apporté une contribution remarquable à la promotion des sciences et de la profession d'ingénieur.

Le Prix a été remis dans le cadre du Gala de l'excellence qui s'est tenu au Loews Hôtel Le Concorde, à Québec. Belle manière de souligner les 50 ans de votre magazine qui travaille depuis un demi-siècle à diffuser auprès du plus grand nombre les avancées de la science, du génie et de la technologie.



8 Québec Science | Juin ~ Juillet 2012

de cet immense territoire couvrant 3 fuseaux horaires, a établi un glossaire de base qui s'est enrichi progressivement. Plus que traduire, il a souvent fallu inventer, nombre de termes informatiques n'existant tout simplement pas chez les Inuits. « L'inuktitut est une très vieille langue qui n'a pas intégré certains termes relatifs à la modernité, poursuit Carla Hurd. Il n'existait aucun mot pour dire clavier ou ordinateur. » Cinq mille mots ont ainsi été créés de toutes pièces, parfois en faisant preuve de beaucoup d'imagination. Pour exprimer le mot « colonne » (de texte), par exemple, on a choisi *amokutak*. « *Amo* signifie quelque chose qui descend et *kutak* fait référence à quelque chose qui a une certaine longueur », explique Leena Tatiggaq Evc. Le mot *irngiinaaqtaut* (courriel) est construit à partir de *irngiinaag* (quelque chose d'instantané) et de *taut* (outil).

Autre défi, la longueur des mots. Comme le turc, le hongrois et le finnois, l'inuktitut est une langue dite « polysynthétique et agglutinante », c'est-à-dire que ses mots se forment en liant des fragments de sens. Résultat : des termes parfois si longs qu'ils n'entrent pas dans l'espace des menus informatiques, prévus pour la concision de l'anglais. « Nous avons donc dû raccourcir de nombreux mots. Par exemple, nous avions choisi *ilasili*, pour traduire le mot *add* (ajouter). Nous avons dû le tronquer et ne garder que *ilasi* », illustre Leena Tatiggaq Evc.

L'inuktitut n'est en fait qu'une des langues rares choisies par Microsoft dans le cadre

de son Programme local de langues auquel sont associés des experts du monde entier. De l'aafrikans au basque en passant par le yoruba, l'ouzbek, le tatar ou le punjabi, ce sont plus de 60 langues qui sont aujourd'hui disponibles sur ordinateur. L'inuktitut est le troisième langage aborigène à bénéficier de cet accommodement on ne peut plus raisonnable après le quechua (Pérou) et le maori (Nouvelle-Zélande). Windows 8, qui sortira l'automne prochain, sera quant à lui disponible aussi en cherokee.

« Les nouvelles technologies peuvent être des outils extrêmement efficaces dans la préservation des langues rares. C'est très important pour les jeunes de voir que leur langue peut être diffusée sur Internet, sur un iPod ou sur un téléphone cellulaire. Cela leur donne le sentiment qu'elle a une valeur dans le monde moderne », dit Leena Tatiggaq Evc.

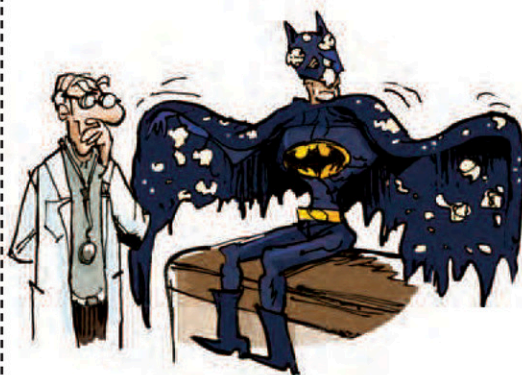
Pour télécharger gratuitement le Inuktitut Language Interface Pack, on se rend à : www.pirurvik.ca

« Les nouvelles technologies peuvent être des outils extrêmement efficaces dans la préservation des langues rares. »

— Leena Tatiggaq Evc, du centre Pirurvik



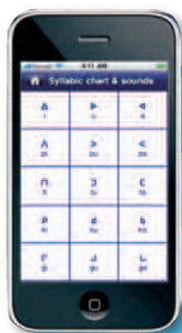
ACTUALITÉS



LES CHAUVESOURIS CANADIENNES DÉCIMÉES

Batman est malheureux ! Depuis plusieurs années, les chauve-souris d'Amérique du Nord sont victimes d'une étrange maladie, le « syndrome du nez blanc ». Affligées de taches blanches sur leur museau et sur leurs ailes, et présentant une maigreur extrême, elles adoptent des comportements qui les condamnent à une mort certaine. Elles quittent notamment leur site d'hibernation, en plein hiver, pour aller voler à l'extérieur. Cette maladie, causée par le champignon *Geomyces destructans*, décime les colonies de chauve-souris d'Amérique du Nord, mais pas celles d'Europe qui semblent immunisées contre le pathogène. Une étude publiée récemment dans *PNAS* par l'équipe de Craig Willis, du département de biologie de l'université de Winnipeg, tendrait à prouver que le champignon serait venu d'Europe, apporté par un touriste visitant la grotte de Howe, dans l'État de New York, en 2006. Ce sont près de 17 millions de ces mammifères volants qui auraient succombé, dans 16 États et 4 provinces canadiennes, dont l'Ontario et le Québec. La petite chauve-souris brune, l'espèce la plus commune, risque de s'éteindre complètement d'ici une quinzaine d'années, selon les spécialistes. Un autre dommage collatéral de la mondialisation ?

FREFON



Apprendre l'inuktitut sur iPod

Il y a quelques mois, le centre Pirurvik lançait *Tusaalanga* for iOS, une application d'apprentissage de la langue inuite téléchargeable sur iPod, iPhone et iPad. Au menu, un lexique de milliers de mots, des exercices, des leçons de grammaire, et surtout un convertisseur d'écriture syllabique au romain. De quoi encourager les jeunes Nunavumiut et les ados du Nunavik à pratiquer leur langue maternelle.

www.tusaalanga.ca/ios/download

itunes.apple.com/tw/app/tusaalanga/id491243426?mt=8

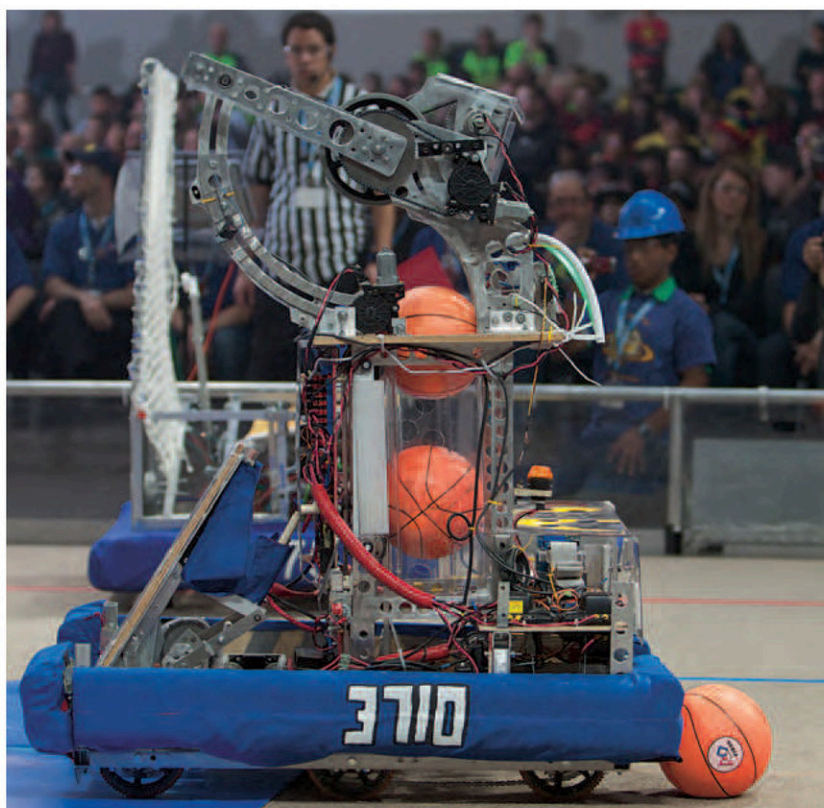
Tout compte fait

595 000

C'est le nombre de manchots empereurs qui ont été recensés sur les côtes de l'Antarctique, soit presque **2** fois plus que ce qu'indiquaient les précédentes estimations (entre **270 000** et **350 000**). Publié fin avril dans le journal *PLoS ONE*, le comptage a été réalisé à partir d'images satellites de très haute résolution, permettant aux chercheurs de repérer **44** colonies, dont **7** inconnues jusque-là. Un succès pour ce premier recensement animal de grande ampleur effectué depuis l'espace!

Cette technique présente de nombreux avantages. Elle est peu onéreuse, elle a un impact environnemental minime et elle se prête bien à la réalité polaire où les animaux se détachent de façon assez nette sur le fond glacé blanc. Selon l'équipe internationale de chercheurs qui a conduit l'étude, les effectifs d'autres espèces d'oiseaux pourront être ainsi évalués, dans ces zones inaccessibles où il fait jusqu'à **-50 °C**. Seul bémol, les petites colonies de moins de **200** individus peuvent passer inaperçues.

ACTUALITÉS



BATAILLE DE ROBOTS

Quelque 3 000 spectateurs ont assisté au festival de robotique qui s'est tenu le 17 mars dernier au Stade Uniprix de Montréal. Regroupant les réalisations des écoles primaires et secondaires du Québec, ce concours visait à récompenser le talent et la débrouillardise de jeunes qui s'intéressent à ce champ de la technologie.

Les équipes de cinq écoles différentes ont ainsi été récompensées pour leurs ingénieuses réalisations. Bravo aux établissements Louis-Joseph-Papineau, Le Vitrail, Regina Assumpta et Loyola, de Montréal, ainsi qu'au Séminaire de Sherbrooke. Ces cinq équipes gagnantes ont pu participer au championnat international de robotique qui a eu lieu à St. Louis, au Missouri, du 26 au 28 avril dernier.

DES TOITS CLAIRS POUR DES VILLES FRAÎCHES

Remplacer les toits sombres et l'asphalte des villes par des surfaces plus claires pourrait permettre de réduire la température atmosphérique et de compenser les effets du réchauffement climatique, selon une étude menée par Hashem Akbari, professeur en génie du bâtiment à l'Université Concordia, à Montréal. Publiée en avril dans le journal *Environmental Research Letters*, l'étude simule ce qui se passerait si le potentiel de réflexion des surfaces urbaines du monde entier – en d'autres termes leur albédo – augmentait de 0,1 point sur une échelle allant de 0 pour une surface parfaitement noire à 1 pour une surface blanche reflétant les rayons du soleil. Cela semble infime, mais équivaut à une diminution de la température globale de 0,07 °C dans les prochaines décennies, soit une réduction de 125 à 150 milliards de tonnes de CO₂. Au bout du compte, l'air urbain serait beaucoup plus sain et la climatisation moins nécessaire. Selon les chercheurs, ce scénario est loin d'être utopique. En ville, les toits sont refaits tous les 20 à 30 ans et l'asphalte tous les 10 ans environ. Il suffit donc d'utiliser des matériaux plus clairs (disponibles à un coût équivalent) pour les remplacer petit à petit!

Le cimetière des abeilles

Depuis quelques années, les abeilles tombent comme... des mouches. À qui la faute?

Par Jessica Nadeau



Des milliers d'abeilles, empoisonnées à petit feu par les néonicotinoïdes, gisent devant l'entrée de leur ruche.

C'est l'hécatombe dans les ruches. Depuis huit ans, quand ils inspectent leurs colonies à la fin de l'hiver, les apiculteurs constatent des pertes majeures : 30 % en moyenne. Dans certains cas, cela peut aller jusqu'à 50 % ou 80 % de l'élevage, selon les chiffres officiels du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). « Et ce n'est guère mieux au printemps et à l'été », soutient Jean-Pierre Chapleau, porte-parole de la Fédération des apiculteurs du Québec, même s'il est plus difficile d'évaluer les dégâts quand les ouvrières sont en train de butiner.

La situation est grave. Mais un nouveau suspect a été identifié. Son nom? Néonicotinoïdes.

Cette classe de pesticides est principalement utilisée pour traiter le maïs, le soja et le canola. À la différence des pesticides classiques, qui sont pulvérisés périodique-

ment sur la plante, les néonicotinoïdes enrobent la semence. Lorsque celle-ci commence à germer, elle absorbe le pesticide qui va circuler dans la plante tout au long de sa croissance.

« C'est une prouesse technologique, concède Jean-Pierre Chapleau. La plante est désormais protégée en permanence de l'intérieur. Mais cela signifie aussi que le végétal au complet contient du pesticide. » Et que, lorsque les abeilles butinent les fleurs, elles sont certaines d'en ingérer.

Madeleine Chagnon, chercheuse et entomologiste à l'Université du Québec à Montréal, étudie l'impact des pesticides sur les abeilles depuis 30 ans. Avec sa collègue, Monique Boily, elle a terminé à l'au-

tomne 2011 une étude portant précisément sur les néonicotinoïdes. Elle est formelle, les abeilles s'intoxiquent à petit feu lorsqu'elles butinent le pollen de maïs traité avec ces pesticides.

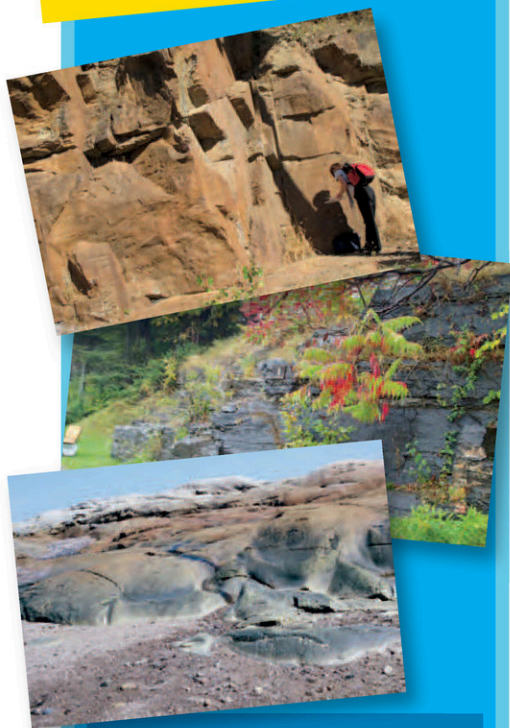
L'exposition est dite « sous-létale », c'est-à-dire que chaque dose est insuffisante pour causer la mort. Il n'empêche qu'elle devient extrêmement nocive parce qu'elle se répète jour après jour en perturbant le fonctionnement neurologique de l'insecte. « Au début, l'abeille ne semble pas dérangée. C'est lorsque le produit commence à s'accumuler que l'on observe des comportements aberrants. Elle a de la difficulté à voler, ou se met à tourner sur elle-même de façon frénétique. Dans certains cas, elle rapporte à la ruche son cadeau empoisonné, pollen ou nectar, affectant le reste de la colonie qui s'en nourrit à son tour. »

Deux nouvelles études, publiées à la fin mars dans la réputée revue *Science*, viennent appuyer celle des chercheuses mont-réalisaises. Une équipe française a démontré que les néonicotinoïdes tuent à faible dose et que les abeilles qui y sont exposées sont désorientées au point d'avoir du mal à retrouver le chemin de la ruche. Une deuxième étude britannique révèle que ces pesticides affectent le développement des bourdons sauvages qui sont plus petits lorsqu'ils sont exposés. Le gouvernement français songe désormais à interdire ces pesticides.

Nombre de biologistes s'accordent cependant à dire qu'ils ne sont pas seuls en cause. Il y a aussi l'intensification des monocultures qui n'offre qu'une seule variété d'éléments nutritifs aux abeilles, sans oublier les maladies, comme la varroase et certains virus. Mais tout est lié, selon Madeleine Chagnon : « On sait que, lorsque le système immunitaire est affecté, la santé globale est



Faites-nous découvrir un autre Québec!



Ce mois-ci, Québec Science vous fait découvrir **40 sites géologiques remarquables** (à la page 21). Il y en a certainement beaucoup plus. Peut-être en connaissez-vous d'autres que vous souhaiteriez porter à notre attention. Peut-être en découvrirez-vous pendant vos vacances. À votre tour, parlez-nous des sites géologiques qui vous fascinent. Une montagne, une falaise, une plage, un paysage, une chute, un astroblème, etc. **Envoyez-nous une photo** et expliquez-nous en quoi le site vous semble intéressant. Nous pourrions publier le tout dans nos pages. Peut-être aussi connaissez-vous une anecdote associée au site que vous nous présentez; racontez-la-nous.

Faites parvenir le tout par courriel à courrier@quebecscience.qc.ca.
Ou par la poste à Québec Science, 1251, rue Rachel Est, Montréal (Qc) H2J 2J9

Bonnes vacances!

ACTUALITÉS

affectée. On pense que l'exposition chronique aux pesticides peut expliquer que les abeilles se défendent moins bien contre plusieurs virus et pathogènes.»

Depuis quelques années, les apiculteurs constatent un autre phénomène : des morts massives d'abeilles en mai, au moment où on fait les semences. C'est que, dans les semoirs pneumatiques modernes, les grains enrobés de pesticides sont enfoncés, sous pression, dans la terre, ce qui rejette une fine poussière de produit toxique dans l'air.

Depuis 2008, plusieurs cas d'intoxications mortelles ont été rapportés au MAPAQ par les apiculteurs, principalement en Montérégie, zone de culture intensive du maïs. Les inspecteurs ont trouvé des résidus de pesticides dans les organes des insectes morts. Des dizaines de colonies de plus de 30 000 abeilles ont ainsi été perdues.

Mise au courant, l'Agence de lutte antiparasitaire (ARLA) de Santé Canada,

qui est responsable de l'homologation des pesticides, n'a pas jugé bon de prendre des mesures réglementaires pour l'instant. «C'est un problème qui est connu en Europe et qui n'est nié par personne», soutient pourtant Claude Boucher, le spécialiste des abeilles au MAPAQ.

Le porte-parole de la compagnie de pesticides Syngenta, Paul Hoekstra affirme prendre chaque cas très au sérieux et assure que des changements seront apportés, notamment dans la manière de semer les grains. «Dans certaines régions, les agriculteurs modifient leur équipement pour réduire la quantité de poussière émise dans l'air.»

Quant à abandonner la production de ces pesticides qui n'ont pour le moment reçu qu'une homologation temporaire au Canada, cela ne semble pas à l'ordre du jour. «Nos études à travers le monde démontrent qu'il n'y a pas d'effets à long terme sur les abeilles», affirme M. Hoekstra.

UN MINCE ARBRE GÉNÉALOGIQUE

Si les vaches ne brillent pas par leur intelligence, c'est peut-être parce que leur patrimoine génétique est peu diversifié! C'est du moins ce que suggère une étude publiée au printemps dans le journal *Molecular Biology and Evolution* par un groupe de chercheurs de l'université de Mainz, en Allemagne. En analysant des ossements anciens de 15 aurochs trouvés en Iran et en comparant leur ADN à celui de nos vaches modernes, l'équipe menée par Ruth Bollongino a conclu que ces dernières descendent toutes d'un groupe de 80 aurochs, domestiqués il y a 10 500 ans. La preuve que, à l'époque, peu d'humains se sont essayés à domestiquer ces imposants bovins, difficiles à capturer, et que seules quelques dizaines de bêtes ont suffi à démarrer les premiers élevages.



FRECON

MOT DE SCIENCE

MALICIEL

Ce joli mot, purement québécois, désigne un logiciel créé pour perturber le fonctionnement d'un système informatique à l'insu de son utilisateur. En France, on appelle ça un «logiciel malveillant», traduction littérale de l'anglais *malware*, lui-même créé à partir de *malicious* et *software*. Un malicieux peut être un virus, un cheval de Troie, un ver ou tout méchant programme capable de bousiller votre système en un rien de temps.

JULIEN TROMBEUR/ISTOCKPHOTO



PLUS DE PLAISIR AVEC UN SEUL PLEIN.

Parcourez jusqu'à 967 kilomètres sur l'autoroute avant de refaire le plein[†]. Le Edge avec moteur EcoBoost[®] livrable consomme seulement 6,6 L/100 km sur route*. Obtenez les performances d'un V6 et l'efficacité énergétique d'un plus petit moteur.



EDGE 2013



Allons plus loin

Le véhicule illustré peut être doté d'équipements offerts en option. [†] Distance estimative – conduite sur route – pour le Edge 2013 à traction avant équipé du moteur EcoBoost 4 cyl. en ligne turbo essence à injection directe de 2,0 L et d'une boîte automatique 6 vitesses. Distance maximale parcourue en ville de 644 km. La consommation réelle peut varier en fonction des conditions routières, du chargement du véhicule et des habitudes de conduite. * Cotes de consommation de carburant pour le Edge 2013 à traction avant équipé d'un moteur 4 cyl. en ligne turbo essence à injection directe de 2,0 L et d'une boîte automatique 6 vitesses : 9,9 L/100 km en ville et 6,6 L/100 km sur route. Cotes de consommation établies selon des méthodes d'essai approuvées par Transports Canada. La consommation réelle peut varier.



Prévoir l'extrême

Les chercheurs ont une responsabilité dans la prévision des colères de la Terre. S'ils l'avaient exercée adéquatement, le bilan de la catastrophe nucléaire de Fukushima, survenue l'an dernier au Japon, aurait pu être moins lourd.

De toutes les leçons qu'on a pu tirer du désastre de Fukushima, au Japon, la plus amère est passée inaperçue lorsque est venu le temps des bilans, en mars dernier. Un sismologue attaché à l'Institut de Physique du Globe de Paris, Armando Armijo, a révélé, preuves et photos à l'appui, que la centrale nucléaire aurait pu, dès sa conception, être protégée des effets du violent tsunami du 11 mars 2011.

Sur le site choisi en 1980, se dressait en effet une falaise calcaire que les Japonais ont décidé de creuser, pour y encastrer les bâtiments des réacteurs et la station de pompage. S'ils n'avaient pas creusé la falaise, et s'ils avaient prudemment construit leurs installations à une quinzaine de mètres au-dessus du niveau de la mer, au lieu de les coller sur le rivage, jamais ces installations n'auraient été inondées par l'énorme vague du tsunami. Rappelons-le, c'est cette vague de 12 m de haut qui a noyé la centrale et les groupes électrogènes chargés de refroidir le combustible nucléaire, ce qui a déclenché la catastrophe.

Mais pourquoi donc, dans une région de forte sismicité où les tsunamis sont fréquents, avoir détruit la falaise, protection naturelle bien plus efficace que n'importe quelle digue?

La réponse est hélas assez simple et éclaire tristement ce qui apparaît a posteriori comme une des plus graves erreurs de la science moderne. Les responsables ont décrété que pomper l'eau de mer sur 40 m coûterait trop cher et diminuerait la rentabilité de la centrale. Ils ont alors décidé de placer leurs installations à l'altitude minimale requise, selon les sismologues, pour mettre les installations à l'abri en cas de séisme.

Ainsi, pour des raisons économiques, les responsables – ceux de l'entreprise, comme ceux qui délivraient des permis au nom de l'État – ont sous-estimé le risque de catastrophe naturelle. Mais peut-on imputer la faute aux sismologues qu'ils ont consultés? Armando Armijo n'est pas prêt à le faire. « Le problème, explique-t-il dans le quotidien français *Le Figaro*, c'est que la survenue d'un événement extrême comme celui du 11 mars a été sous-évaluée par les sismologues japonais et par un consensus

scientifique international, selon lequel les séismes dans cette région du Japon ne devaient pas dépasser une magnitude de 7,5. Les constructeurs de la centrale se sont basés sur des prévisions fausses, pensant la mettre à l'abri de tsunamis dont les scientifiques leur disaient qu'ils ne dépasseraient pas 5 m à 7 m de hauteur. Comment le leur reprocher aujourd'hui? »

À y regarder de plus près, on s'aperçoit que les experts ont refusé de prendre en compte les événements susceptibles de contredire le consensus préalablement établi. En particulier, ils savaient qu'un très violent tremblement de terre, de magnitude 9 – comme celui du 11 mars 2011 –, avait frappé la presqu'île du Kamtchatka, à l'extrême est de la Russie, en 1952. Ce séisme,

et le tsunami qui a suivi, avait causé plus de 6 000 morts. Or, même si l'épicentre se situait dans le prolongement de la même zone de subduction, on n'a jamais considéré qu'une rupture similaire puisse se produire au large du Japon. Conclusion, on a bel et bien sous-estimé gravement les risques, alors que les données scientifiques étaient disponibles. Si ce risque avait été considéré, on aurait non seulement évité la catastrophe nucléaire, mais également sauvé des vies.

Les sismologues et les vulcanologues auront toujours la terrible responsabilité d'estimer les risques liés aux brusques colères

de la Terre, mais ils ne sont plus les seuls aujourd'hui. En période de réchauffement climatique, on s'attend à une plus grande fréquence des événements exceptionnels, comme les grandes tempêtes, les inondations et les sécheresses. Les experts du climat sont donc désormais eux aussi en première ligne.

En ce sens, il faut tirer une leçon de l'« erreur de prévision sismique de Fukushima ». Alors que la Terre est en colère, les spécialistes du risque naturel ont tout intérêt à sortir du confort des événements que la science récente a mesurés. Dans leurs analyses, ils doivent absolument intégrer des catastrophes ayant eu lieu il y a plusieurs dizaines, voire centaines ou milliers d'années et en tirer les conclusions, en s'appuyant sur toutes les connaissances historiques et géologiques disponibles. Un appel à la rigueur, pour sauver des vies.



HIRO KOMAE/LA PRESSE CANADIENNE

La crème du Grand Nord

Les propriétés du varech du nord du Québec permettraient de produire des cosmétiques d'une qualité inégalée. La crème hydratante Ungava suscite déjà l'intérêt d'acheteurs de partout dans le monde.

Par Catherine Girard



À partir de fucus réduit en poudre, Marc Allard, de Nunavik Biosciences, fabrique des cosmétiques prisés.

Avec son jean délavé et son tee-shirt, Marc Allard ressemble plus à une rock star qu'à un entrepreneur. Preuve que l'habit ne fait pas le moine, ce technicien en gestion de ressources renouvelables est aujourd'hui à la tête d'une entreprise florissante, Nunavik Biosciences. Celle-ci a pour objectif de stimuler l'économie du Grand Nord québécois en exploitant des produits naturels de la baie d'Ungava; les algues, notamment.

Longtemps, pourtant, les algues ont représenté pour ce Fransaskois d'origine une véritable nuisance. À titre de conseiller

en recherche et pêcheries pour la Société Makivik, une organisation qui représente les Inuits du Nunavik, il a identifié plusieurs sites de pêche rendus inexploitable en raison de la présence de lami-naires et d'autres végétaux aquatiques.

Mais en 2005, il a complètement changé d'avis : « Je suis tombé sur un article qui faisait état d'une pénurie mondiale d'algues. De nombreux lieux de récolte situés en Bretagne avaient en effet été contaminés par un déversement de pétrole. » Curieux, l'entrepreneur décide aussitôt d'effectuer des recherches sur les algues de la baie d'Ungava. « En

comparant les variétés de la Bretagne avec celles du Nunavik, nous avons découvert que ces dernières étaient plus riches en oméga-3 et en vitamines. Nos algues contiennent aussi de la vitamine E, ce qui n'est pas le cas de leurs cousines bretonnes », explique Marc Allard. Selon la biologiste Fabienne Bresdin qui a réalisé les analyses pour Nunavik Biosciences, les exceptionnelles propriétés du varech nordique résultent d'une adaptation à l'environnement hostile de la baie d'Ungava. Par exemple, pour se protéger du soleil qui brille une vingtaine d'heures par jour durant l'été, elles sé-

crètent plus de substances antioxydantes, comme la vitamine E.

Cela dit, rentabiliser la récolte et la transformation d'algues au-delà du 49^e parallèle pose de sérieux défis. C'est que, avant d'être commercialisées dans le sud, elles doivent transiter par bateau ou par avion, ce qui fait gonfler considérablement les coûts. À

riche en acides aminés ainsi qu'en oligo-éléments et reconnue pour ses vertus hydratantes. À marée basse, ces algues brunes tapissent le littoral de la baie d'Ungava. Durant la saison estivale, une quarantaine d'employés s'affairent à les récolter à la main. Les fucus sont ensuite soigneusement lavés à l'eau salée, séchés,

distributeurs internationaux, pourtant conquis par ces petits pots venus du Nord. « J'ai des demandes d'Europe, d'Australie et même de Taiwan pour commercialiser mes produits. Mais il faudrait que je sois en mesure de fournir de 300 000 à 400 000 pots par année. Pour l'instant, c'est impossible », déplore l'entrepreneur.

Marc Allard n'a pas jeté l'éponge pour autant. Grâce à la construction d'une usine permanente à Kangirsuk, il espère pouvoir consacrer plus d'efforts à la récolte du varech. « Auparavant, nos installations de nettoyage, de séchage et de broyage étaient temporaires. Chaque printemps, nous perdions un temps précieux à tout mettre en place », explique-t-il.

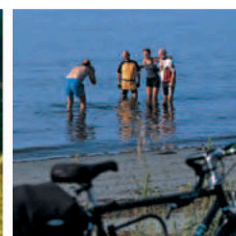
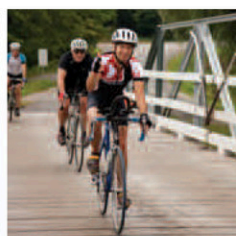
Le président de Nunavik Biosciences planche également sur une nouvelle gamme de cosmétiques marins préparés par macération. Cette technique, qui consiste à laisser tremper une substance pour en extraire les principes actifs, offre un rendement plus élevé que la micronisation. Il s'agit peut-être de la clé qui permettra de propulser les algues de la baie d'Ungava sur les tablettes du monde entier.

Les exceptionnelles propriétés du varech nordique résultent d'une adaptation à l'environnement hostile de la baie d'Ungava.

moins qu'elles entrent dans la fabrication de produits à haute valeur ajoutée, comme des cosmétiques. Nunavik Biosciences a donc mis au point une gamme de soins pour la peau. Baptisés Ungava, ces cosmétiques ne contiennent aucun composant dérivé du pétrole et ne sont pas testés sur les animaux. Une demande de certification biologique a d'ailleurs été envoyée à l'organisme Ecocert.

L'ingrédient vedette des petits pots Ungava, c'est le fucus, une variété d'algue

puis réduits en poudre par un procédé appelé micronisation. Cette opération permet de concentrer les ingrédients actifs du produit, mais elle requiert une grande quantité de matière première. Ainsi, avec les quelque 10 tonnes d'algues humides que son équipe parvient à collecter durant le bref été nordique – de la fin juin à la mi-septembre –, Marc Allard ne peut produire que 40 000 contenants de crème hydratante, environ. C'est nettement insuffisant pour répondre à la demande des



Gaspésie-Acadie : un tour de magie !

Un parcours enchanteur. Du vélo à son meilleur. Des vacances aux multiples bonheurs. C'est magique ! Le Grand Tour Desjardins : le rendez-vous vélo de l'été.

Du 5 au 11 août

Inscrivez-vous maintenant et économisez

815\$ jusqu'au 16 juin

895\$ après le 16 juin

Le forfait Sous les étoiles inclut : 6 nuits en camping et 1 nuit optionnelle à Matane, la veille du départ ; 7 petits-déjeuners, 6 dîners et 6 soupers ; la contribution de 2 \$ par tranche de 1000 \$ de services achetés au Fonds d'indemnisation des clients des agents de voyages et les taxes.

Optez pour le service de location de tente

375 \$ par tente (taxes incluses)
Comprend montage, démontage et livraison du bagage à la tente.

en partenariat avec



metro



Au Grand Tour Desjardins en gang, on y gagne !

Inscrivez 10 personnes au forfait Sous les étoiles de 7 jours et obtenez la 11^e participation gratuitement !
Pour connaître les conditions de l'offre, visitez notre site internet.

www.veloquebecvoyages.com
514 521-8356 • 1 800 567-8356, poste 506



Vélo Québec
VOYAGES

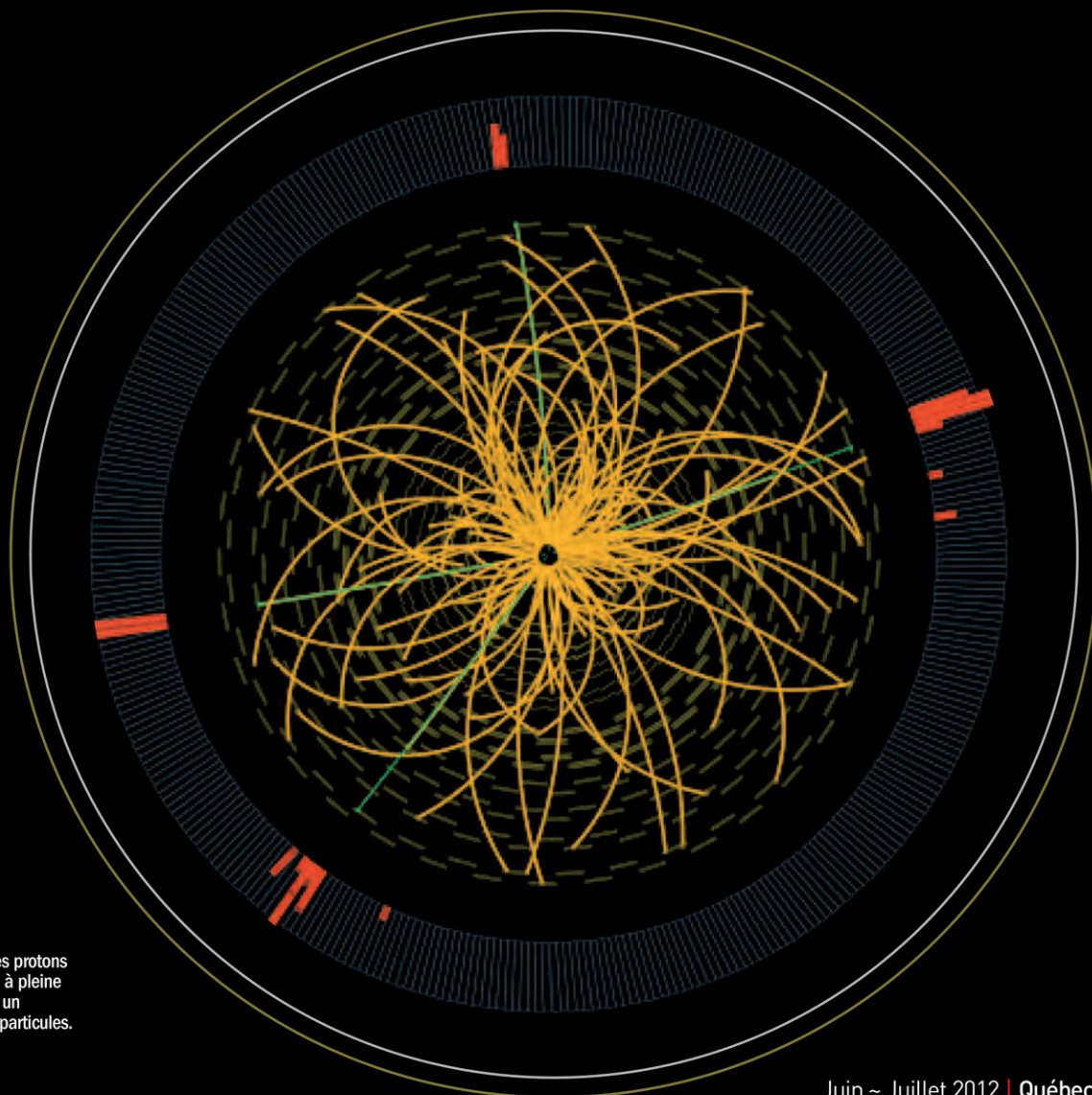
Photos : Didier Bertrand, Mathieu Lamarre

Titulaire d'un permis du Québec

L'HEURE DE VÉRITÉ POUR LE **boson** **de Higgs**

On la cherche depuis très longtemps, cette mystérieuse particule qui explique la construction de l'Univers. D'ici quelques semaines, les chercheurs devraient être en mesure d'annoncer son existence, ou de la réfuter définitivement.
Voyage au pays du Higgs.

Par Marine Corniou



Au cœur du LHC, les protons entrent en collision à pleine vitesse et génèrent un « feu d'artifice » de particules.

Sous le soleil printanier de Genève, au Centre Européen pour la Recherche Nucléaire (CERN), la physicienne Pauline Gagnon ne cache pas son enthousiasme. « Je suis convaincue que le boson de Higgs est là », dit-elle en dessinant sur un bout de papier la courbe qui crée depuis six mois tant de remue-ménage chez les physiciens. En décembre dernier, c'est ici, à 100 m sous terre, au sein du plus grand accélérateur de particules du monde, que le « Higgs » aurait montré le bout de son nez.

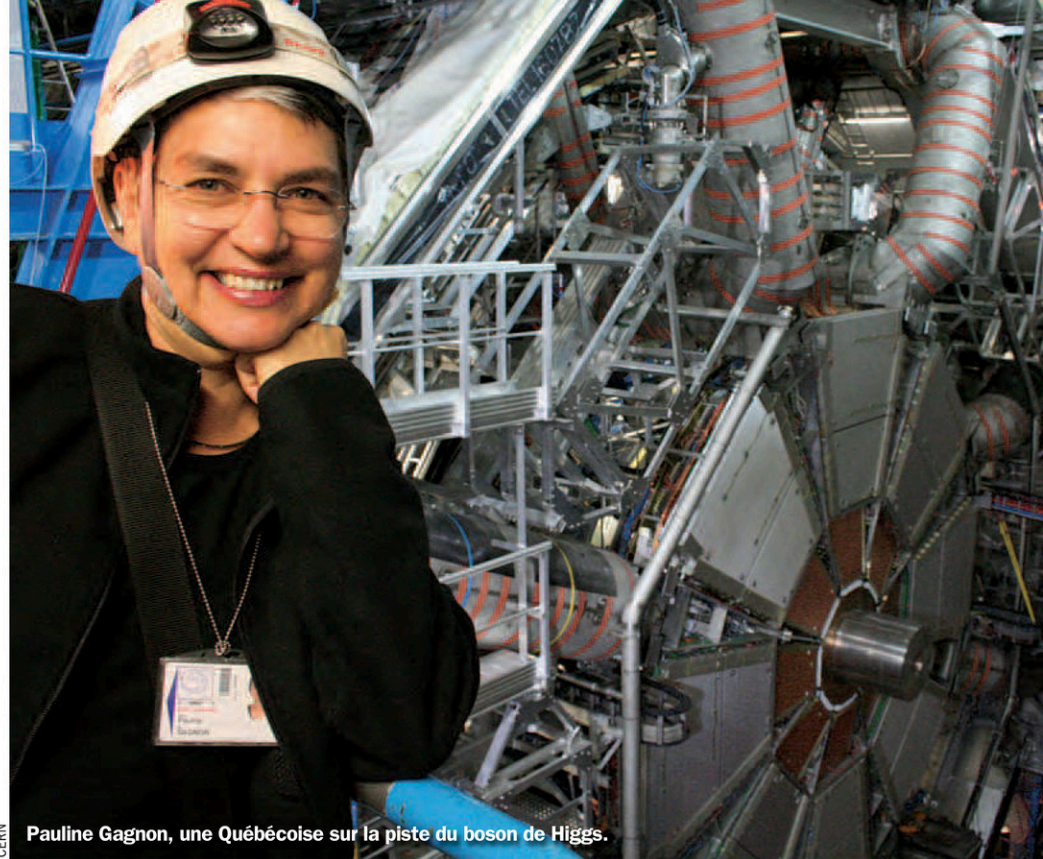
Certes, la particule tant convoitée ne s'est pas dévoilée suffisamment pour qu'on puisse affirmer qu'elle existe, mais les résultats enregistrés à Genève ont fait grand bruit. Et pour cause ! Ils pourraient annoncer la fin d'une « traque » qui dure depuis 50 ans. Sur la courbe dessinée par Pauline Gagnon, c'est une petite bosse, en apparence insignifiante, qui crée tout ce buzz. C'est elle qui témoignerait de la présence du fameux boson. « En physique des particules, tout est une question de statistiques. Ce qu'on a observé, c'est un excès de signaux qui paraissent trop nombreux pour être dus au hasard », résume la physicienne aux yeux pétillants. Originaire de Chicoutimi, elle travaille au CERN depuis 20 ans. Elle est aujourd'hui rattachée au projet ATLAS, l'une des deux expériences du CERN qui pourraient conduire à la révélation tant attendue.

Si on lui court ainsi après, c'est que le mystérieux boson de Higgs est la pièce cruciale de la physique actuelle, celle qui explique la construction et le fonctionnement de l'Univers. Et aussi bizarre que cela puisse paraître, il n'a jamais été observé en laboratoire. Contrairement à toutes les autres particules élémentaires, son existence reste purement hypothétique.

Mais plus pour longtemps...

Tout semble en effet laisser croire que l'existence (ou la non-existence) du boson de Higgs pourrait être annoncée en juillet à Melbourne, en Australie, à l'occasion de la XXXVI^e conférence sur la physique des hautes énergies.

« Depuis plus de un an, nous travaillons d'arrache-pied, soirs et fins de semaine compris, pour accumuler les données. C'est un moment fou, unique dans la carrière d'un physicien », s'exclame Yves Sirois. Ce chercheur québécois établi en région parisienne est porte-parole pour la France de CMS, l'expérience concurrente d'ATLAS. Visiblement confiant, le physicien, rencontré à Montréal, ne dévoilera pourtant rien avant l'heure. « Les résultats



Pauline Gagnon, une Québécoise sur la piste du boson de Higgs.

publiés jusqu'ici ne sont pas encore assez probants pour pouvoir conclure qu'on a « vu » le Higgs, mais ils donnent envie d'y croire », avance-t-il avec prudence.

Si la fébrilité est palpable chez les amoureux du Higgs, pour les non-initiés, il est difficile de comprendre l'objet de tant d'effervescence. Afin de tenter d'y voir clair dans ce monde de particules et d'obscurs calculs, revenons à la base. Qu'est-ce que le boson de Higgs ? Et comment peut-on le « voir » ?

Pour décrire notre Univers, les physiciens utilisent le « modèle standard », une théorie élaborée dans les années 1960, selon laquelle la matière est constituée de particules élémentaires (les quarks et les électrons), qui interagissent entre elles par le biais de forces. Ces forces sont elles-mêmes véhiculées par des particules messagères, appelés bosons, dont le plus connu est le photon, ce « grain » de lumière qui transmet la force électromagnétique.

Jusqu'ici, tout va bien. Cette théorie, qui est née sur papier sous forme d'équations mathématiques, s'est en effet révélée étonnamment exacte. Toutes les particules qu'elle a « prédites » ont pu être observées expérimentalement par la suite, au sein de divers accélérateurs dans le monde.

Mais ce modèle a son talon d'Achille. « Selon les équations mathématiques initiales, les particules sont censées être dépourvues de masse. Or, les mesures expérimentales ont démontré que, à l'exception du photon, les particules ont bel et bien une masse, explique Pauline Gagnon. Par

exemple, on a mesuré que le quark top était 350 000 fois plus lourd que l'électron. »

Plutôt que de jeter le modèle standard à la poubelle, plusieurs chercheurs, dont l'Écossais Peter Higgs et les Belges François Englert et Robert Brout, ont décidé en 1964 d'en colmater la brèche. Leur idée ? « Inventer » un curieux mécanisme, le champ de Higgs, qui permettrait à ces particules sans masse d'en acquérir une. Une sorte de champ de force, un peu comme le champ gravitationnel, qui serait présent partout autour de nous. « Le champ de Higgs peut être comparé à de la mélasse étalée dans l'Univers. Les particules de matière sont ralenties par cette mélasse, ce qui donne l'impression qu'elles ont une masse », résume Yves Sirois.

Pour expliquer ce mécanisme, David Miller, physicien au University College London du Royaume-Uni a utilisé en 1993 cette analogie devenue célèbre : « Imaginez une soirée, où tous les invités seraient répartis uniformément dans la pièce. Soudain, une célébrité arrive. Comme de nombreuses personnes souhaitent lui parler et se pressent autour d'elle, cela ralentit son mouvement dans la pièce, donnant l'impression qu'elle a plus de mal à se déplacer, et donc qu'elle est plus massive qu'un visiteur quelconque. »

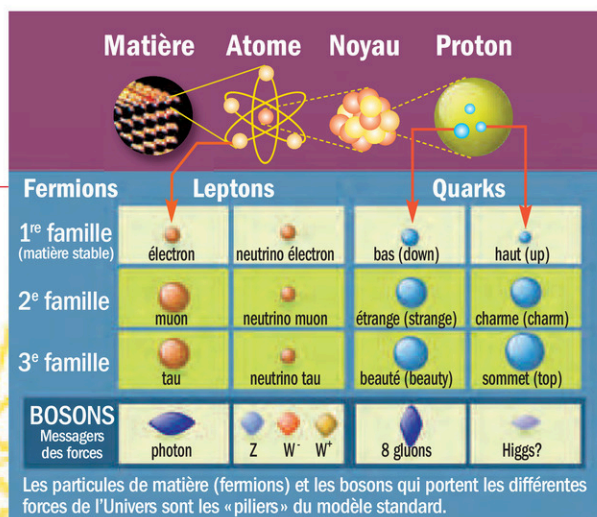
Dans le monde des particules, c'est la même chose. Les invités – les bosons de Higgs – forment le champ de Higgs, et la célébrité représente une particule. Les différentes célébrités qui traversent la pièce paraissent plus ou moins massives, selon

Tout semble laisser croire que l'existence (ou la non-existence) du boson de Higgs pourrait être annoncée d'ici la fin de l'année.

leur popularité, et donc selon leur degré d'interaction avec le champ. Le photon, qui n'a pas de masse, n'interagit pas avec le champ de Higgs. En revanche, les bosons Z et W, ou le quark top, (voir tableau) qui sont très lourds, s'y engluent littéralement.

C'est bien beau, mais pour prouver l'existence de ce champ, il faudrait « photographier » un boson de Higgs. Et c'est là que les choses se compliquent! En 47 ans, personne n'y est jamais parvenu. Il faut dire que ce safari-photo nécessite des outils puissants, dont les physiciens ne disposent que depuis peu. À Genève, le Grand collisionneur de hadrons (LHC), mis en service fin 2008, a justement été conçu pour pouvoir détecter le Higgs sans savoir vraiment à quoi ressemble la bête.

On ne connaît pas sa masse, mais on sait qu'il est très instable, c'est-à-dire qu'il ne survit pas en tant que tel. À peine créé, il se désintègrerait en d'autres particules plus stables, comme des photons ou des bosons W. Impossible, donc, de le photographier directement dans les détecteurs du LHC, comme on photographie les électrons.



La seule solution? Essayer de repérer les produits de sa désintégration. « Lorsqu'on met une pièce de 1 \$ dans une machine pour obtenir de la monnaie, on peut se retrouver avec 4 pièces de 25 ¢, ou 10 pièces de 10 ¢. Pour le Higgs, c'est pareil. On sait qu'il peut se désintégrer en différentes « associations » de particules, appelées canaux de désintégration », indique Pauline Gagnon. C'est cette « monnaie » que les chercheurs essaient de voir dans les détecteurs, après avoir généré – du moins ils l'espèrent – des

bosons de Higgs. En fonction de la monnaie repérée, ils pourront déduire la masse du Higgs; et prouver son existence.

Pour produire ces bosons éphémères, la recette est connue. Dans le LHC, on lance l'un contre l'autre deux faisceaux de protons à une vitesse proche de celle de la lumière afin de les faire entrer en collision frontale (voir l'encadré en page 20). Ces collisions libèrent une énergie phénoménale et donnent naissance à de nouvelles particules qui sont captées par les détecteurs ATLAS et CMS. « Lorsqu'on écrase deux fraises l'une contre l'autre, on obtient du jus de fraise. Dans le monde des

particules, lorsqu'on écrase deux protons l'un contre l'autre, on obtient de nouvelles particules, parmi lesquelles – peut-être – des bosons de Higgs qui, eux-mêmes, se désintègrent. Comme si la collision de deux fraises donnait naissance à du jus de bananes, de kiwis, etc. », a expliqué le physicien Rob Fraser, du Fermilab, dans l'Illinois, lors d'une conférence donnée à Vancouver, au congrès de l'American Association of Advanced Science (AAAS), en février dernier. « Chaque collision est comparable à un feu d'artifice, explique de son côté Yves Sirois. On identifie les différentes détonations, pour savoir que telle ou telle fusée vient d'éclater. On reconstruit ainsi le scénario des désintégrations. »

Lumière sur la «nouvelle physique»

Découvrir le boson de Higgs devrait permettre de résoudre une énigme majeure en physique, celle de l'origine de la masse des particules. Mais le programme de recherche du Grand collisionneur de hadrons (LHC) est beaucoup plus ambitieux. Il vise à combler les lacunes du modèle standard qui n'intègre pas la force de gravitation (elle est exclue des équations) et qui ne permet pas d'expliquer toutes les observations expérimentales.

Les physiciens espèrent notamment que le LHC les aidera à identifier la nature de la matière noire, et à vérifier l'existence d'une théorie appelée supersymétrie (SUSY pour les intimes) qui réglerait une fois pour toutes les problèmes du modèle standard.

SUSY permettrait notamment d'unifier les particules d'interaction (les bosons) et celles de matière (les fermions), en postulant l'existence, pour chaque particule, d'un « superpartenaire » plus massif. Par exemple, il existerait un « photino »

(fermion associé au photon), six « squarks » (bosons associés aux quarks), des « gluinos » associés aux gluons, et ainsi de suite. Chaque boson pourrait se transformer en fermion, et réciproquement. Et selon cette théorie, il existerait en tout cinq bosons de Higgs... Difficile de ne pas perdre le fil! « Ainsi, les particules lourdes se voient associer une super-particule légère, et vice-versa. Cela donne un monde beaucoup plus équilibré et cela élucide l'étrange disparité dans la masse des particules élémentaires, qui vont de l'ultraléger à la super lourde », résume Pauline Gagnon. Ces particules supersymétriques (du moins, la plus légère d'entre elles) seraient des candidates idéales pour constituer la matière noire.

« Mais pour l'instant, le LHC n'a pas vu la trace de ces superpartenaires, ce qui commence à être inquiétant », avertit Yves Sirois. Attendons donc d'en avoir le cœur net avant d'essayer de comprendre!

Repérer des traces du Higgs dans l'immense feu d'artifice capté par ATLAS et CMS relève toutefois de l'exploit! Car la production de ces bosons survient rarement. En 2011, parmi les quelque 400 000 milliards de collisions enregistrées par ces deux détecteurs, seule une dizaine impliquant un possible Higgs ont été repérées.

« C'est la principale difficulté: le nombre de collisions est tellement élevé qu'il est difficile de détecter un événement intéressant parmi tout le bruit de fond », indique Yves Sirois. De plus, il est impossible de stocker et d'analyser toutes les données. Sur les

600 millions de collisions survenant chaque seconde, le système automatique de tri du détecteur ATLAS – censé reconnaître les collisions pertinentes grâce à des algorithmes complexes – n'en envoie que 200 au centre de calcul! Ce qui équivaut tout de même à deux DVD de données par minute.

Malgré toutes ces embûches, les 5 000 personnes qui travaillent sur les expériences ATLAS et CMS ont vu leurs efforts récompensés en décembre dernier. Sans s'être consultées, les deux équipes ont, chacune de leur côté, aperçu un signal pouvant être celui du boson de Higgs, laissant croire que sa masse serait comprise entre 124 GeV et 126 GeV (un GeV, ou gigaélectronvolt, est à peu près égal à la masse d'un proton).

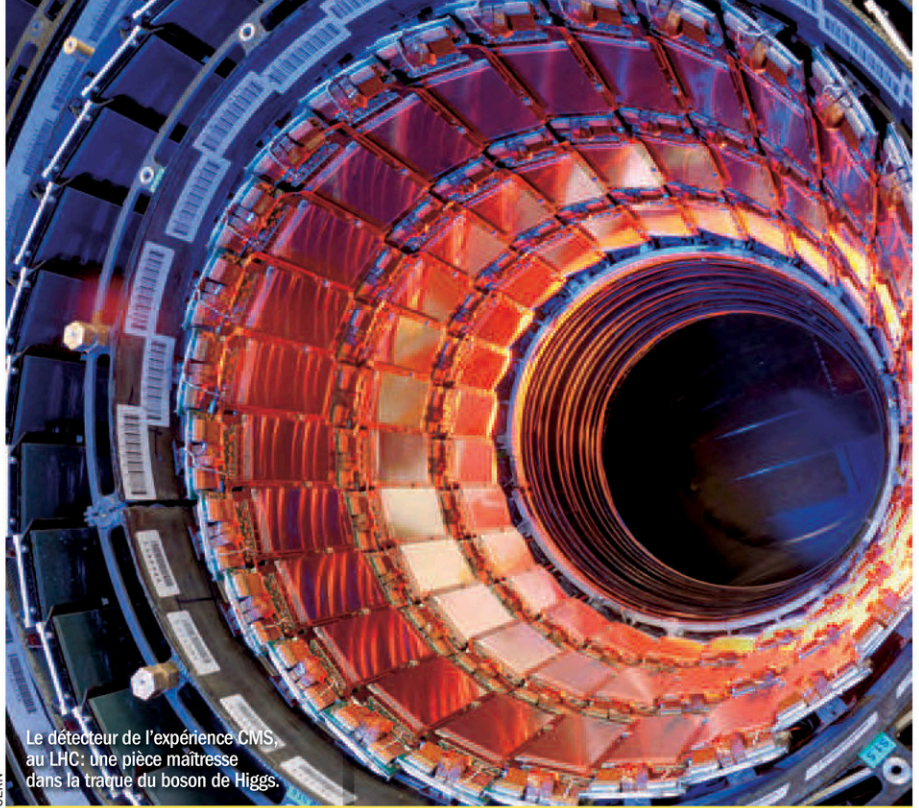
Et ce n'est pas tout! Le 7 mars, deux équipes indépendantes du Tevatron, l'accélérateur de particules du Fermilab, ont créé la surprise en annonçant, elles aussi, un signal suspect, compatible avec celui observé au LHC, suggérant que la masse du Higgs serait comprise entre 115 GeV et 135 GeV.

« Cela signifie qu'on a maintenant quatre expériences indépendantes, dans deux accélérateurs et quatre canaux de désintégration, qui tendent vers les mêmes conclusions. C'est vraiment encourageant », note Pauline Gagnon.

Malgré tout, il est trop tôt pour crier victoire.

Après une pause requise pour l'entretien, le LHC tourne à nouveau à plein régime depuis le 14 mars, à des énergies jamais atteintes. L'objectif? Doubler ou tripler la quantité de données pour réduire le risque d'erreur à moins de 1 sur 1 million (contre environ 1 sur 200 actuellement). Ce qui devrait enfin permettre d'annoncer la découverte cet été (ou au plus tard à la fin de l'année) ou, au contraire, de tirer définitivement un trait sur la mystérieuse particule. « Si jamais nous arrivons à la conclusion que le Higgs n'existe pas, ce sera encore plus excitant, car il faudra réinventer toute la physique », affirmait en février Sergio Bertolucci, le directeur de recherches du CERN, lors du congrès de l'AAAS. Yves Sirois ne partage pas son avis. « Soyons honnête : si le boson de Higgs n'existe pas, ce sera un traumatisme considérable pour les physiciens, car il y aurait alors de terribles contradictions dans le modèle standard », estime-t-il.

Si les expériences CMS et ATLAS ne trouvent pas le Higgs autour de la masse de 125 GeV, le monde de la physique sera en effet plongé dans un épais brouillard. Faudra-t-il en conclure qu'il existe d'autres dimensions d'espace-temps, comme le pos-



Le détecteur de l'expérience CMS, au LHC: une pièce maîtresse dans la traque du boson de Higgs.

LE LHC, UNE MACHINE À BIG-BANG

« Le champ de Higgs serait apparu 1 millième de milliardième de seconde après le big-bang. À ce moment, la température de l'Univers était suffisamment froide (40 millions de milliards de degrés tout de même!) pour que ce champ apparaisse, un peu comme des plaques de glace se forment à la surface d'un lac », explique Yves Sirois. Pour étudier le boson de Higgs, il faut donc recréer les conditions qui régnaient dans l'Univers juste après le big-bang, il y a 14 milliards d'années. C'est justement l'ambition des opérateurs du Grand collisionneur de hadrons (LHC) du CERN, la plus grande machine scientifique jamais construite, sur laquelle travaillent (sur place et à distance) près de 10 000 physiciens de plus de 80 pays.

Pénétrer dans l'ancre du CERN est en soi une expérience internationale! Les physiciens et les étudiants, de toutes origines et parlant toutes les langues, y côtoient des groupes de touristes venus « admirer » les salles de contrôle des différentes expériences. Dans celle d'ATLAS, derrière une baie vitrée, des dizaines d'écrans permettent aux opérateurs de s'assurer que le détecteur fonctionne correctement. On ne verra toutefois rien de plus. La machine venant d'être remise en route, il est impossible de descendre dans une des quatre « cavernes » où se situent les détecteurs.

Le LHC est en fait un tunnel circulaire de 27 km de longueur (comprenant deux anneaux concentriques de 10 cm de diamètre), creusé à 100 m sous terre, autour duquel sont installés plus de 9 000 aimants. Le champ magnétique généré par les aimants permet de faire circuler des protons dans les anneaux, dans des sens opposés. À pleine puissance, des trillions de protons, lancés à 99,9999991 % de la vitesse de la lumière, effectuent 11 245 fois le tour de l'accélérateur par seconde! Les deux faisceaux de protons entrent en collision frontale au niveau des détecteurs ATLAS et CMS, deux énormes dispositifs (de 20 m à 46 m de longueur et de 15 m à 25 m de hauteur) permettant de mesurer la charge et la masse des particules émises lors des collisions.

« CMS et ATLAS sont placés à deux points opposés de l'anneau. Ces détecteurs permettent d'étudier la même chose, mais avec deux technologies différentes, explique Yves Sirois. Les deux équipes sont en compétition, mais devraient arriver aux mêmes conclusions en même temps! »

tulent certains théoriciens travaillant sur un monde « sans Higgs »? Ou que le Higgs n'est pas celui qu'on croit? « Il est possible que le boson de Higgs se désintègre de façon inattendue, en particules invisibles dans les détecteurs », explique Pauline Gagnon. Autrement dit, en particules de matière noire, cette matière qui constituerait 23 % de l'Univers, mais que l'on n'a encore jamais vue non plus.

Car même si l'on découvre le Higgs cette année, il restera beaucoup d'énigmes à résoudre. « Le modèle standard n'explique

pas quelle est la nature de la matière noire ni pourquoi certaines particules sont plus lourdes que d'autres, ou pourquoi le photon n'a pas de masse », ajoute la physicienne, dont une des missions est justement de traquer les éventuelles particules de matière noire.

Voilà qui nous rassure : que le Higgs existe ou non, les physiciens ne s'ennuieront pas. Ils continueront à avoir du pain sur la planche pour comprendre les origines de l'Univers et son fonctionnement pendant bien des années.

40 MERVEILLES, GÉOLOGIQUES DU QUÉBEC

Une enfance marquée par le volcanisme, une adolescence tourmentée par des forces tectoniques qui ont formé des montagnes, une vie ponctuée de périodes glaciaires. Vous pensiez connaître le Québec ? Découvrez les traces qu'ont laissées dans le paysage ces grands événements géologiques, quelques cratères météoritiques inclus.

Par Joël Leblanc

Jl se passe quelque chose à l'Islet-sur-Mer, en ce matin frisquet. Quelques badauds, le maire en personne, des journalistes et deux géologues sont réunis sur le quai de ce petit village du Bas-Saint-Laurent.

En fait, il s'est passé quelque chose, il y a 500 millions d'années... « Ce qui s'est déroulé à cet endroit n'est pas banal, explique Mme Dominique Richard en indiquant le rivage rocheux de part et d'autre du quai. Ici, c'était le fond d'un océan où plusieurs glissements de terrain sous-marins sont survenus. Cette formation géologique montre l'ancien chenal où s'accumulaient les sédiments. C'est exceptionnel. »

La géologue du ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec n'est pas la seule à le penser. L'ancien chenal de l'Islet fait en effet partie d'une liste de sites québécois qui pourraient acquérir le titre de **site géologique exceptionnel (SGE)**. L'activité minière y sera interdite. « En 2005, un amendement à la Loi sur les mines a introduit cette notion qui vise à faire connaître et à protéger notre patrimoine géologique. Ce sont des sites qui présentent des caractéristiques géologiques, géomorphologiques, paysagères ou biologiques d'intérêt pour l'enseignement, la recherche scientifique ou la conservation », précise Mme Richard.

Il y a bien sûr des joyaux touristiques, comme le rocher Percé, les falaises de Migouasha, en Gaspésie, ou le cratère des Pingualuit, dans le Nord-du-Québec. Mais il y en a d'autres bien moins connus. De gigantesques traces laissées par les glaciers, d'anciennes mines, des grottes, des sites riches en fossiles ou en minéraux, des manifestations des forces tectoniques, d'anciennes éruptions volcaniques, etc. Le Québec est riche de géodiversité ! « Ces endroits sont souvent connus des géologues et même visités par les professeurs d'université qui les

montrent à leurs étudiants, poursuit Dominique Richard. En recevant l'appellation SGE, ils seront non seulement protégés, mais aussi mis en valeur pour fournir aux visiteurs des informations sur les particularités géologiques. »

Cela dit, on est encore loin de ce qui se fait dans certains pays. À ce jour, dans le monde, près de **80 géoparcs** ont été créés. Ils englobent plusieurs sites géologiques exceptionnels d'un même secteur. On les trouve surtout en Chine – comme le géoparc de Fangshan, à 40 km de Pékin –, et dans plusieurs pays d'Europe, par exemple la Réserve géologique de Haute-Provence. L'UNESCO, qui chapeaute l'initiative, y voit l'équivalent géologique de son réseau du Patrimoine mondial.

« L'Amérique du Nord ne compte qu'un seul géoparc, enregistré en octobre 2010. C'est celui de Stonehammer, dans la région de Saint John, au Nouveau-Brunswick. Pourtant, les sites potentiels se comptent par centaines au pays et aux États-Unis », explique Godfrey Nowlan, de Calgary, qui préside le Comité national canadien pour les géoparcs.

Gail Bremner, directrice générale à Stonehammer, se souvient des démarches qui ont abouti à la création du parc : « La région est le berceau de la géologie au Canada et les gens d'ici sont conscients du caractère unique du paysage dans lequel ils vivent. Ils ont voulu le protéger, tout en y voyant un moteur de développement pour les petites communautés. »

Avant même la première obtention du statut de SGE par un site québécois, *Québec Science* vous invite à découvrir sa propre sélection. Certains sites offrent un paysage époustouflant; d'autres, plus discrets, revêtent un grand intérêt scientifique. Dans tous les cas, ce sont des témoins exceptionnels du grand spectacle de la Terre.



SCULPTÉS PAR L'EAU

1 CÔTE-NORD LES ÎLES AUX TRÉSORS

Au large de la Basse-Côte-Nord, entre Longue-Pointe-de-Mingan et Baie-Johan-Beetz, l'**archipel Mingan** est formé d'un chapelet d'îles et de monolithes de calcaire riches en fossiles datant de l'Ordovicien (475 millions d'années).

L'archipel lui-même et l'île d'Anticosti, à 35 km au sud, sont en fait ce qu'il reste d'un grand plateau calcaire qui jouxtait la Côte-Nord et qui s'est peu à peu effrité, érodé pendant des millions d'années par la mer et les rivières. Puis, les îles ont été englouties. Il y a à peine 10 000 ans, à la fin de la dernière glaciation, l'ensemble se trouvait sous 85 m d'eau. La mer s'est ensuite retirée et les îles ont émergé à nouveau. Le vent, les vagues, le gel et le dégel se sont alors attaqués à leurs parois et ont sculpté les majestueux monolithes qui font maintenant la renommée du parc.

Aujourd'hui séparée du continent, Anticosti est sillonnée d'une centaine de rivières qui ont façonné des cascades spectaculaires et creusé des canyons aussi larges que profonds, de même que des cavernes, comme celles de la rivière aux Saumons ou de la rivière à la Patate. Le littoral est flanqué de falaises abruptes creusées d'anses et de baies. Le calcaire de l'île renferme des fossiles préservés dans un état exceptionnel : trilobites, coquillages ou coraux.

PAYSAGE

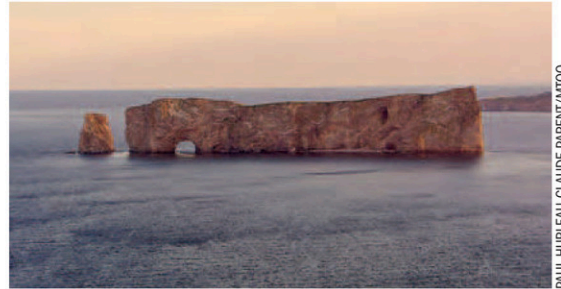
INTÉRÊT SCIENTIFIQUE



EXCEPTIONNEL
VAUT LE DÉTOUR

REMARQUABLE
SI VOUS PASSEZ PAR LÀ

2 GASPÉSIE-ÎLES-DE-LA-MADELEINE LE MONUMENT



PAUL HURLEAU-CLAUDE PARENT/MTQ

Le rocher Percé fait 433 m de long et 88 m de haut. Colosse de pierre de 5 millions de tonnes allongé dans la mer, il est le symbole de la Gaspésie et procure à ceux qui arrivent à Percé par le sud, en provenance de la baie des Chaleurs, chaque fois le même émerveillement. La formation du mastodonte remonte aux débuts du Dévonien, il y a environ 410 millions d'années. Sédiments, coquilles de mollusques et carapaces d'arthropodes se sont déposés au fond de la mer, puis, comprimés, se sont mués en un calcaire à grain fin semé de petits fossiles de trilobites et de brachiopodes. Le rocher est un vrai musée de paléontologie !

Redressées à la verticale par d'anciens mouvements tectoniques, les couches calcaires sont maintenant soumises à l'érosion par la mer, d'où le célèbre trou. L'obélisque, aujourd'hui détaché du reste, constituait autrefois son extrémité. Le rocher a déjà compté deux trous. La première arche s'est écroulée en 1845, et on anticipe la même fin pour l'arche restante. L'accès au pied du rocher est d'ailleurs dorénavant interdit aux visiteurs, en raison des risques de chutes de pierre. Mais on peut observer la merveille de tous les coins du village de Percé et en approcher lors des excursions en bateau qui se rendent à l'île Bonaventure voisine.

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

3 CÔTE-NORD LES PLAGES NOIRES DE NATASHQUAN

En 1870, le père Louis Babel, missionnaire suisse, sillonne la Basse-Côte-Nord pour convertir les Autochtones. Dans son journal, il décrit ainsi les abords de **la rivière Natashquan** : « Abondants en fer, abondants en minéraux, abondants en sable métallique... » En faisant un petit détour au bout de la route 138, on atteint la rivière où l'on peut marcher sur les berges décrites par Babel. Les couches de sable noir se repèrent facilement à travers le granit, particulièrement celui qui borde le delta de la rivière. Magnétite, ilménite, grenat et zircon, ces sédiments se ramassent avec un aimant ! Ces poussières venues du nord par les rivières témoignent de l'érosion actuelle de formations géologiques riches en fer et en titane.

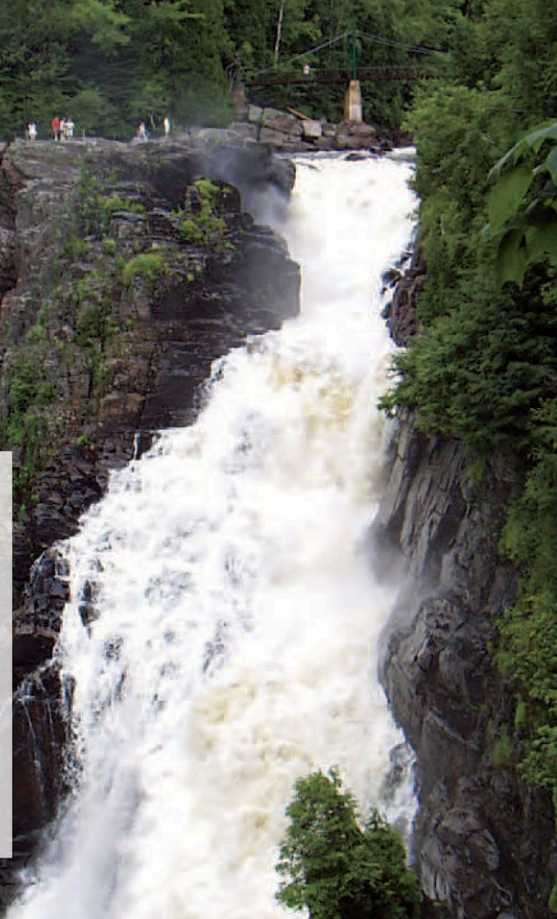
BENOÎT CECILE/MTQ

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

4 QUÉBEC LES MARMITES DE SAINTE-ANNE

Tout près de Sainte-Anne-de-Beaupré, la **rivière Sainte-Anne** creuse le granit depuis des millénaires. Le canyon aux parois de 55 m et les marmites taillées dans la pierre à différents endroits sont des manifestations de l'érosion de la rivière.

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE



7 QUÉBEC LA GROTTE DE BOISCHATEL

Avec près de 3 km de galeries, la **grotte de Boischatel** serait la plus grande de l'est du Canada. On y accède tout près de la chute Montmorency. La grotte laisse passer la rivière Ferrée qui se jette dans la chute. Pour spéléologues avertis, accompagnés d'un guide.

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

8 LANAUDIÈRE LE TROU DE FÉE

Connue sous son appellation de « Trou de fée », la **grotte de Crabtree**, à environ 5 km au sud-ouest de Joliette, compte 133 m de galeries creusées par les eaux de la rivière Ouareau lors de la dernière glaciation. Maintenant située à 6 m au-dessus du niveau de la rivière, elle est accessible par le chemin Archambault vers le nord.

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

9 GASPÉSIE-ÎLES-DE-LA-MADELEINE SEL ET CIEL

Les douces **Îles-de-la-Madeleine** reposent littéralement sur un dôme de sel géant. C'est qu'au Carbonifère, il y a 330 millions d'années, d'anciens lagon se sont asséchés, laissant un épais dépôt de sel sur lequel se sont accumulés des sédiments et des roches volcaniques. Aujourd'hui, ce sel est toujours sous les îles et est exploité pour déglacer nos routes. Les sédiments sableux s'érodent en falaises, en arches et en grottes rouges pour notre plus grand plaisir. Sur place, offrez-vous la visite des mines Seleine!

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

5 GASPÉSIE-ÎLES-DE-LA-MADELEINE LE PIÈGE DE SAINT-ELZÉAR



RÉSERVE DE BIODIVERSITÉ DU KARST DE SAINT-ELZÉAR

Mais il s'en trouve une impressionnante, à l'intérieur des terres gaspésiennes, à une vingtaine de kilomètres au nord de Bonaventure. Creusée par l'eau de ruissellement dans le calcaire, la célèbre **grotte de Saint-Elzéar** s'est formée il y a 230 000 ans. Elle est maintenant accessible grâce à des visites guidées au départ du musée. Depuis la dernière glaciation, elle agit comme un piège naturel. On y a retrouvé les ossements de près de 4 000 animaux,

dont le lemming à collier, une espèce qui ne subsiste actuellement que dans le Grand Nord.

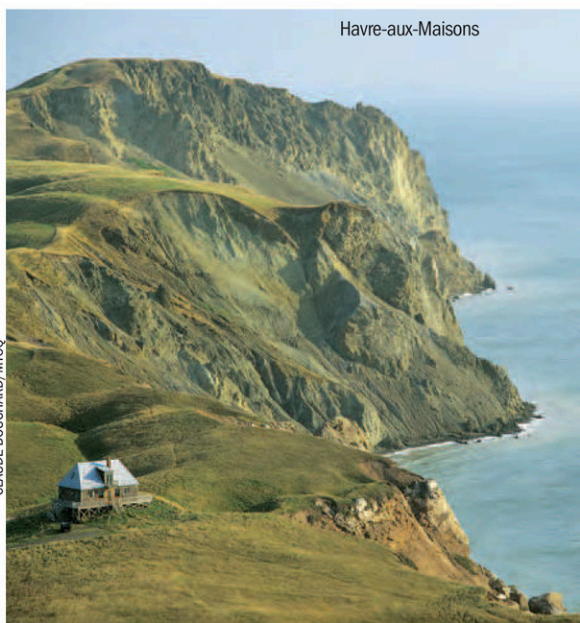
Le puits d'entrée est accessible par une longue échelle métallique de 13 m. Le visiteur est maintenu par un harnais de sécurité. La descente dans cet environnement froid et humide est fascinante. Stalagmites, stalactites, draperies de pierre et colonnades ornent les chambres et les couloirs qui affichent une température constante d'environ 4 °C.

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

6 OUTAOUAIS BOUCLIER PERCÉ

Dans le Bouclier canadien, un peu au nord d'Ottawa, se trouvait une lentille de marbre. C'est la dissolution de ce marbre par l'eau qui a creusé la **caverne Laflèche à Val-des-Monts**, en Outaouais, entre 20 000 et 12 000 ans avant aujourd'hui. Découverte en 1865, elle a été ouverte au public en 1923 et est devenue la grotte la plus visitée au pays. On comprend pourquoi : avec ses 402 m, elle est la plus longue grotte connue du Bouclier canadien. L'hiver, on peut y voir des formations de glace féériques et de nombreuses chauve-souris en hibernation.

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE



CLAUDE BOUCHARD/MTDOO

Havre-aux-Maisons

FIGÉS DANS LA ROCHE



10 GASPÉSIE-ÎLES-DE-LA-MADELEINE PÊCHE MIRACULEUSE

D'étranges poissons figés dans la pierre avec des nageoires fines comme des voiles. De délicates branches de fougère avec toutes leurs feuilles. Les fossiles magnifiquement conservés abondent dans la roche de Miguasha !

La renommée scientifique du **Parc national de Miguasha**, le plus petit parc du réseau national du Québec, n'est plus à faire. Les falaises qui bordent l'estuaire de la rivière Restigouche, dans la municipalité gaspésienne de Nouvelle, sont truffées de fossiles, principalement des poissons qui vivaient là il y a 380 millions d'années. Et parmi ces poissons, quelques espèces présentent des caractéristiques inusitées : narines qui laissent deviner la présence de poumons ou ossature dans les nageoires, qui annonce les pattes des animaux terrestres sur le point d'apparaître.

Au début du XX^e siècle, alors que le métier de paléontologue n'existait pas au Québec, des chercheurs des grandes universités d'Europe et des États-Unis venaient déjà y puiser les fossiles, aidés des résidents de l'endroit. En 1999, l'UNESCO a inscrit le lieu sur la liste de son Patrimoine mondial.

Sur place, la visite guidée du musée d'his-

toire naturelle permet de voir les plus magnifiques spécimens que la formation fossilifère a livrés : des bêtes avec des armures osseuses qui leur donnent des airs de tortue, des spécimens préservés en trois dimensions, d'autres qui montrent les traces des vaisseaux sanguins disparus. Le tout est suivi par une petite escapade sur la plage au pied de la généreuse falaise.

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

11 CÔTE-NORD LE TRILOBITE DU BOUT DU MONDE

Au bout du Québec, dans le village de Lourdes-de-Blanc-Sablon, un mini-sanctuaire dédié à la Sainte Vierge repose sur un promontoire rocheux. C'est le **cap Crow**, un petit talus de sédiments abritant



quantité de fossiles de l'Ordovicien (460 millions d'années): trilobites, brachiopodes et coraux.

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

12 MONTÉRÉGIE PHILIPSBURG SOUS LA MER

En Montérégie, à 4 km au sud de **Philipsburg**, d'étonnants calcaires renferment des trombolites, c'est-à-dire des algues fossilisées agglomérées en monticules arrondis qui se sont formés dans un environnement marin peu profond, il y a environ 470 millions d'années. Pas facile de les repérer, il faut emprunter un petit chemin forestier, quelques mètres avant la frontière états-unienne.

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

13 ABITIBI-TÉMISCAMINGUE VIEUX MICROBES

Il y a 2,7 milliards d'années, une gigantesque et spectaculaire chaîne de volcans sous-marins ceinturait l'Abitibi. La mer qui recouvrait la région hébergeait des bactéries qui vivaient dans le fond marin. Leur activité métabolique a modifié l'équilibre minéral de l'eau et du calcaire s'est déposé au fond. Les empilements des

couches de calcaire se sont par la suite fossilisées et ont formé des stromatolithes, une des plus vieilles traces de vie sur Terre! On a trouvé les stromatolithes dans une roche de un quart de tonne dans la région du village de Joutel, environ 130 km au nord d'Amos. De telles roches sont abondantes à cet endroit.

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

14 LAVAL UNE BARRIÈRE DE CORAIL EN BANLIEUE

En plein cœur de **Laval, le Centre de la nature** est construit dans une ancienne carrière de calcaire. Les parois, avec leurs traces d'exploitation encore visibles, montrent



des strates de 450 millions d'années riches en fossiles de coraux, de brachiopodes, de trilobites et d'autres étranges bestioles archaïques. C'était au temps lointain de Laval-sur-mer!

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

15 CÔTE-NORD COQUILLAGES D'UN AUTRE ÂGE

Lors de la dernière glaciation, le poids de la glace a fait s'enfoncer un peu le Québec. Lorsqu'elle a fondu, il y a environ 10 000 ans, la province n'est pas remontée instantanément et s'est retrouvée partiellement inondée. Sur la Côte-Nord, cette ancienne étendue d'eau porte le nom de **mer de Goldwaith**. Dans le secteur de l'actuelle ville de Baie-Comeau, les conditions sous-marines ont favorisé l'accumulation de coquilles de mollusques. La formation qui en résulte, épaisse de 7 m à 10 m, est composée à 90 % de résidus de coquillages, ce qui en fait une des plus grandes concentrations de ce type au monde! Le dépôt coquiller de la rivière aux Anglais est le plus beau vestige biologique laissé par les

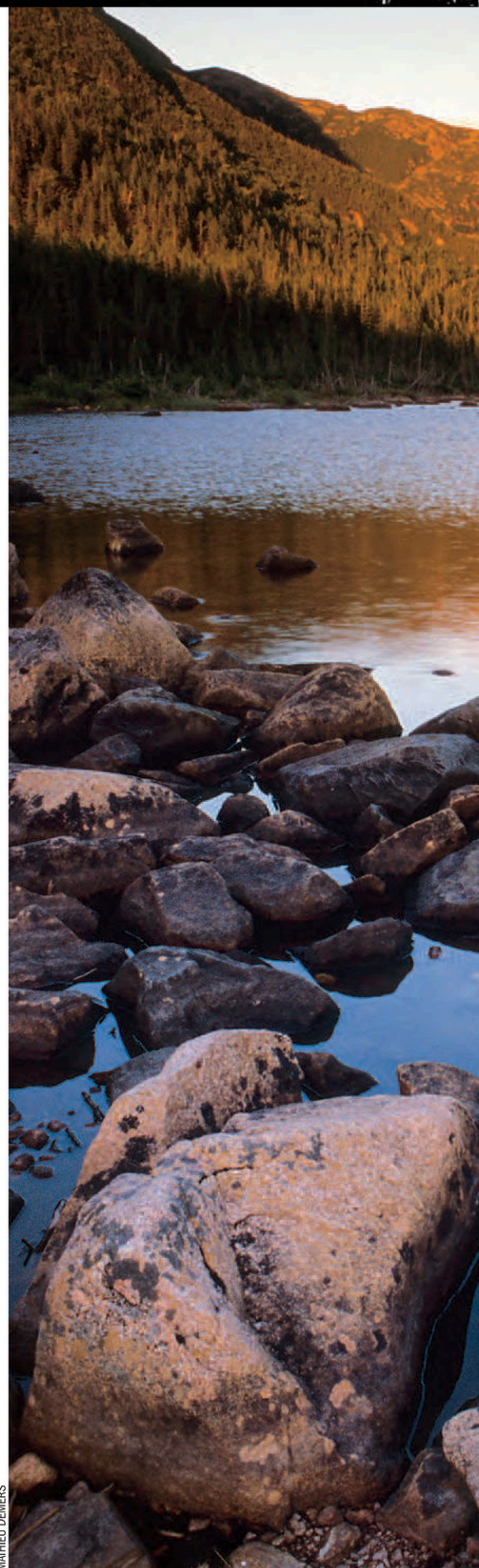
mers postglaciaires du Québec. Le site est mis en valeur par le Jardin des glaciers depuis 2006.

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

16 GASPÉSIE-ÎLES-DE-LA-MADELEINE LES BEAUTÉS DE JACQUES CARTIER

La région de **Port-Daniel** est un vrai zoo! À l'intérieur d'à peine quelques kilomètres carrés, cohabitent des fossiles d'animaux ayant vécu à des époques bien distinctes. On y trouve des ensembles géologiques du Carbonifère, de l'Ordovicien, du Silurien et du Précambrien, que les caprices des mouvements tectoniques ont rassemblés en ce point. Près de la côte, au cap de l'Enfer, ce sont des crinoïdes rugueuses, qu'on appelle aussi lys de mer, et des récifs à algues, des stromatopores, qui ressemblent à des éponges, et des coraux (L'Anse-McInnis). Au nord de la route 132, ce sont les algues et les coraux. À la pointe aux Bouleaux, des coraux et des stromatopores qui ont conservé leur position d'origine dans les sédiments. Près du quai, les strates de grès renferment de grands blocs de calcaire récifal qui contiennent des crinoïdes. Pas étonnant que le paysage ait impressionné Jacques Cartier lors de son premier voyage en 1534.

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE





FAÇONNÉS PAR LA GLACE

Lac aux Américains

17 GASPÉSIE-ÎLES-DE-LA-MADELEINE LE GRAND CIRQUE DES GLACES

Le parc national de la Gaspésie offre une multitude de sentiers de randonnée qui entraînent le marcheur au cœur de paysages époustouflants où les curiosités scientifiques abondent. Parmi elles, le mont Joseph-Fortin. Arrivé au sommet, on s'offre une vue plongeante sur le lac aux Américains, quelques centaines de mètres plus bas. Il n'occupe qu'en partie un grand cirque glaciaire, une vallée arrondie creusée par le lourd glacier qui s'y trouvait, il y a 12 000 ans. En prime, la montagne d'en face, le mont Xalibu, exhibe une tache orange pâle dans la roche grise. Il s'agit d'une intrusion magmatique qui s'est solidifiée dans la roche sédimentaire. Maintenant, elle s'érode comme le reste, laissant échapper des traînées de cailloux orange. La marche vers le sommet est ardue.

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

18 GASPÉSIE-ÎLES-DE-LA-MADELEINE CADEAUX GLACIAIRES

Du côté nord de la Gaspésie, la municipalité de **Grosses-Roches** doit son nom aux blocs de calcaire éparpillés çà et là sur le rivage et dans les champs environnants. Il s'agit de blocs erratiques, c'est-à-dire de grosses roches apportées là par le mouvement d'anciens glaciers.

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

19 ABITIBI-TÉMISCAMINGUE LE MYSTÈRE DE LA MONTAGNE À FRED



STEPHEN BURMAN

Dans l'ancienne municipalité de Colombourg – qui fait maintenant partie de **Macamic** –, en Abitibi, une petite montagne, qui fut jadis une île, intrigue. Sur le versant sud-ouest, on retrouve plusieurs « rivières de roches », dont une est immense. La montagne qui s'élève à 350 m au-dessus du niveau de la mer compte 5 km de sentiers faciles. Au sommet, on peut apercevoir La Sarre, Palmarolle et le lac Abitibi. Des démarches sont en cours pour mettre le lieu en valeur avec un complexe récréo-touristique.

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE



21 CÔTE-NORD LES ÉTRANGES SCULPTURES DES ESCOUMINS

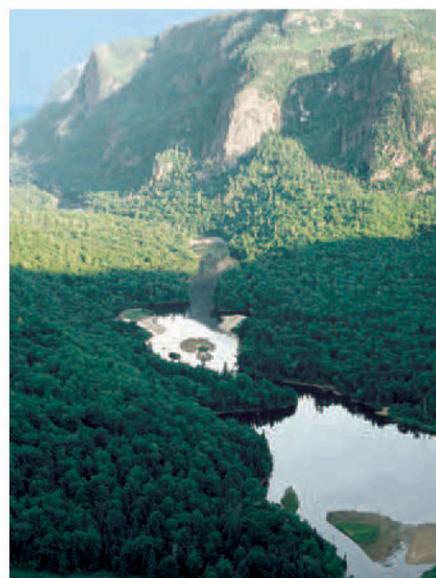
À croire que les glaciers avaient des griffes... Sur la Côte-Nord, à 40 km à l'est du Saguenay, le long de la route 138, la berge rocheuse de la municipalité des **Escoumins** porte la trace des grands glaciers d'autrefois. Stries, rainures et sillons, des formes sinueuses aux contours adoucis ornent le socle rocheux près du monument de la Croix. Il y a plus de 10 000 ans, compressés sous des tonnes de glaces, des cailloux ont été entraînés par le mouvement des glaciers et ont raclé le sol à plusieurs endroits de la Côte-Nord. Mais c'est ici que ces belles sculptures sont le plus facilement accessibles.

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

20 BAS-SAINT-LAURENT PAROIS ACCROCHEUSES

Haut lieu de l'escalade au Québec, **les parois de Kamouraska** sont des quartzites formées au début de l'Ordovicien (il y a 485 millions d'années), qui s'allongent en une suite de crêtes blanches et de collines arrondies par l'érosion glaciaire. Les grimpeurs savent bien que le quartz des falaises peut être abrasif pour les mains! Près de Saint-Pascal, l'autoroute 20 longe ces buttes singulières.

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE



CLAUDE BOUCHARD/MTQ

22 CHARLEVOIX QUAND LES GLACIERS RACLAIENT LA GORGE

Difficile, le sentier de l'Acropole des draveurs dans **le parc des Hautes-Gorges-de-la-Rivière-Malbaie** conduit le promeneur à 1 048 m d'altitude et offre une vue imprenable sur le fond de la vallée de la rivière Malbaie. Les parois abruptes de la vallée, les auges glaciaires, les vallées suspendues, les cirques glaciaires sont typiques d'un paysage fortement modelé par le passage des glaciers au cours des derniers millénaires.

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

23 MONTRÉGIE LES BELLES RONDEURS DE LA MONTRÉGIE

Dans le sud du Québec, une rangée étonnante linéaire de collines tranche sur le paysage plat des Basses-Terres du Saint-Laurent. Les monts Saint-Bruno, Saint-Hilaire, Saint-Grégoire, Rougemont, Yamaska, Shefford et Brome, en plus du mont Mégantic, à l'est (dans les Appalaches) et du mont Royal à l'ouest (sur l'île de Montréal), forment **les collines montréalaises**. Ces collines sont constituées d'une roche complètement différente de la roche sédimentaire des terres qui les entourent.

On entend parfois que les Montréalaises sont d'anciens volcans éteints. Ce n'est pas le cas, mais leur formation est quand même liée à des remontées de magma. En fait, elles ont surgi au Crétacé, il y a entre 100 et 120 millions d'années. La plateforme continentale sur laquelle nous vivons dérivait vers l'ouest et est passée au-dessus d'un point chaud, à un endroit du manteau terrestre où le magma atteint une température plus élevée. Comme des ballons remplis d'air chaud



TERRE BOUILLAIT

qui s'élèvent dans l'air plus froid, de grosses masses de magma sont alors montées lentement et sont venues se loger dans la roche sédimentaire du continent où elles ont refroidi et durci. Chaque bulle de magma s'est incrustée en s'alignant sur ses sœurs, le long d'un axe ouest-est.

À ce stade de leur formation, les Montérégiennes étaient invisibles, mais des millions d'années plus tard, de grands glaciers sont passés et ont raboté quelques centaines de mètres de la roche sédimentaire des Basses-Terres du Saint-Laurent, révélant les bosses de roche dure cachées sous terre. On peut aujourd'hui voir les fabuleux minéraux d'origine magmatique qu'elles renferment, notamment sur le mont Saint-Hilaire, lieu de prédilection des collectionneurs.

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

24 NORD-DU-QUÉBEC DE LA LAVE EN PLEINE VILLE

À cette lointaine époque du Précambrien, il y a 2 à 3 milliards d'années, alors que le Québec était un haut lieu du volcanisme,

la lave jaillissait de cratères sous-marins et se répandait sous forme de coussins, de tubes ou en remplissant des brèches. Aujourd'hui, en pleine ville de Chibougamau, **le parc Leblanc** permet d'observer des formations de lave refroidie qui affleurent à quelques endroits.

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

25 SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN LA MAISON DU DÉLUGE



TONY TREMBLAY/ISTOCKPHOTO

Le déluge du Saguenay, en 1996, a dégagé un affleurement rocheux remarquable. Vieille de plus de 1 milliard d'années, la roche témoigne de phénomènes magmatiques rarement observés dans des conditions si remarquables. Elle est entre autres striée de structures géologiques liées à une faille

majeure qui traverse le Bouclier canadien, de la région de Portneuf à celle de Baie-Comeau. En plein cœur de la **ville de Saguenay**, le site est facilement repérable. Cherchez la petite maison blanche, ses fondations sont érigées directement sur le socle rocheux!

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

26 MONTRÉAL IL ÉTAIT UNE FOIS L'ÎLE SAINTE-HÉLÈNE

Il y a 124 millions d'années, de la roche magmatique s'est incrustée dans une brèche de la croûte terrestre. Le magma a durci et a donné naissance à **l'île Sainte-Hélène**, face à Montréal. On peut observer la roche directement du stationnement qui jouxte le chemin du Parc d'attraction de la Ronde. Des bâtiments ont été construits avec cette pierre volcanique, dont le dépôt fortifié de l'île Sainte-Hélène, érigé par les Britanniques en 1824 et la tour De Lévis qui surplombe l'île depuis 1930 et qui servait de réservoir à eau.

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE



MRNF

27 ABITIBI-TÉMISCAMINGUE LA HACHE DANS LE BOUCLIER

Anomalie dans le sol de l'Abitibi, **la faille de Cadillac** court d'ouest en est sous la route 117. Cette faille souterraine de plus de 300 km est bourrée d'or, de cuivre, de zinc et de nickel. L'exploitation de ces richesses a permis la naissance des nombreuses mines de l'Abitibi, et par le fait même des villes de Val-d'Or, Rouyn-Noranda, Malartic, etc.

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

28 GASPÉSIE-ÎLES-DE-LA-MADELEINE CHASSE AUX ROCHES

Un peu au sud du Parc national de la Gaspésie, la mine d'agathes du **mont Lyall** est connue des touristes. À ciel ouvert, on peut y faire soi-même la cueillette de grosses géodes, fruits d'éruptions volcaniques survenues il y a 350 millions d'années. Une fois coupées sur place par les sympathiques employés, les géodes laissent voir de superbes schémas de minéralisation.

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE



QUÉBEC TECTONIQUE

29 ABITIBI-TÉMISCAMINGUE

LE « MONUMENT VALLEY » DU NORD

Les Australiens ont Ayer's Rock; les Brésiliens ont le Pain de Sucre de Rio; les États-Uniens ont la Monument Valley. Et les Québécois ont **le mont Chaudron**! Ces structures montagneuses sont toutes des inselbergs, des zones qui résistent davantage aux éléments que le sol qui les entoure et qui apparaissent dans le paysage à mesure que celui-ci s'érode. Haut de 527 m et situé à 100 m de la frontière ontarienne, le mont Chaudron, à une cinquantaine de kilomètres à l'ouest de Rouyn-Noranda, est accessible par la route 117. Son ascension, très périlleuse, est déconseillée aux sportifs du dimanche.

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE



30 MONTÉRÉGIE UNE BANLIEUE DE 500 MILLIONS D'ANNÉES



À l'île Perrot, le boulevard Don-Quichotte traverse la formation rocheuse de **Covey Hill**, la plus vieille de toutes les Basses-Terres du Saint-Laurent. La paroi ainsi exposée du côté nord du boulevard, à 200 m de la 22^e Avenue, montre des strates de grès accumulées au Cambrien supérieur, il y a 500 millions d'années. En plus de son âge vénérable, la paroi aux teintes brun-roux est superbe.

MNRNF
PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

31 CÔTE-NORD LES FORCES DE LA TERRE

Le long de la route qui mène au quai des **Grandes-Bergeronnes**, des structures d'enroulement dans la pierre témoignent de forces tectoniques. Ces structures, qui ressemblent à des brioches, apparaissent dans les roches lorsqu'elles sont soumises à de grandes déformations.

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

32 QUÉBEC LE DIAMANT DES APPALACHES



PIERRE LAHOUD

La Haute-Ville de Québec est le seul morceau des Appalaches au nord du fleuve Saint-Laurent. **Le cap Diamant**, sous la Citadelle de Québec et accessible par le boulevard Champlain, est un vestige des grands événements tectoniques qui ont mené à la formation de ces montagnes. Les strates quasi verticales sont, par endroits, torsadées, héritage des torsions géologiques d'il y a 450 millions d'années, quand les plaques tectoniques entraient en collision.

MATHIEU DEMERS
PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE



NELSON BOIVERT/MTQ

35^{QUÉBEC} POINT DE RENCONTRE

Nos cours de géographie au secondaire nous apprennent la grande géologie du Québec : l'immense Bouclier canadien au nord, les Appalaches au sud, et le ruban des Basses-Terres du Saint-Laurent entre les deux, qui s'amincit à mesure qu'on s'approche de Québec. Le site des **chutes Montmorency**, à 20 minutes à l'est de Québec, face à l'île d'Orléans, est le point de rencontre de ces trois formations. La rivière Montmorency, qui coule sur le Bouclier pendant 120 km, termine sa course à sa bordure. Elle tombe alors de 80 m en une chute spectaculaire, dépassant de 30 m les célèbres chutes du Niagara, pour couler encore quelques mètres dans les Basses-Terres avant de se jeter dans le Saint-Laurent. Tout juste de l'autre côté du fleuve commencent les collines des Appalaches.

PAYSAGE

INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

33^{NORD-DU-QUÉBEC} LES MONTS QUI ONT VAINCU LA GLACE

Tout près de la baie d'Ungava, sur la ligne de partage des eaux entre notre province et le Labrador, **les monts Torngat** constituent la plus spectaculaire des chaînes de montagnes du Québec. Leur cime la plus élevée, le mont D'Iberville, culmine à 1 646 m. Ils ont été formés il y a 1,8 milliard d'années et, étonnamment, des indices laissent croire que leurs sommets auraient été épargnés par les glaciers lors de la dernière glaciation. Ils sont protégés depuis 2008 dans le Parc national de Kuururjuaq.

PAYSAGE

INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

34^{SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN} LA FAILLE DE LA BAIE

Avec Charlevoix et Vancouver, le Saguenay est une des régions les plus actives sur le plan sismique dans la partie sud du Canada. La preuve, on a découvert une faille à environ 5 km de La Baie. Visible sur au moins 400 m, elle atteint même une largeur de 15 m par endroits. Elle serait apparue après le séisme de 1663, qui a atteint une intensité de 7 ou 8 sur l'échelle de Richter. Pour l'observer, on suit le sentier écologique de **Cap-Ouest à La Baie**.

PAYSAGE

INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

DES



36^{GASPÉSIE-ÎLES-DE-LA-MADELINE} LE TREMLIN D'ICARE

La Haute-Gaspésie est décidément première de classe en géologie ! Ici, à **Mont-Saint-Pierre**, capitale québécoise du deltaplane, on peut voir, sur l'escarpement nord de la montagne et près de son sommet, un spectaculaire pli synclinal couché. Ce repliement de couches sédimentaires en forme de S résulte du travail des forces tectoniques qui sont à l'origine de la formation des Appalaches, il y a 445 millions d'années. À observer d'une terrasse de restaurant directement sur la route 132, en admirant les envolées des deltaplanes; la rampe de départ se situe juste au-dessus de l'escarpement.

SÉBASTIEN CLOUTIER/MTQ

PAYSAGE

INTÉRÊT SCIENTIFIQUE



37 NORD-DU-QUÉBEC DE ROCHE ET D'EAU CLAIRE

Deux cratères jumeaux, formés il y a 290 millions d'années par la même météorite qui se serait scindée en deux avant l'impact. Situés à 100 km de Punngaviapik et de la baie d'Hudson, les deux bassins du **lac à l'Eau Claire** sont plutôt difficiles d'accès, mais font partie d'un projet de parc national qui comprendra aussi le **lac Guillaume-Delisle**.

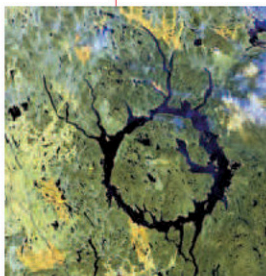
PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

Les environs du lac Guillaume-Delisle

ROCHES VENUES D'AILLEURS

38 CÔTE-NORD LE CIEL SUR LA TÊTE

Un caillou de 2 km de diamètre a percuté la Terre, il y a quelque 345 millions d'années. On soupçonne cet événement d'être en partie responsable de la grande extinction du Dévonien qui a décimé 90 % des espèces vivantes. Les indices de cette collision gigantesque sont encore visibles à certains endroits de Charlevoix. Ironiquement, le cratère de 56 km de diamètre, qu'on nomme aujourd'hui **l'astroblème de Charlevoix**, a été repéré grâce à de petits indices géologiques au sol, avant d'être aperçu de l'espace. C'est en 1965 qu'on a trouvé des « cônes d'impact » près de la municipalité de Saint-Hilarion. Ces structures géologiques ne peuvent se former que lorsque des pressions titanesques surviennent en un court laps de temps. Les contours du cratère ont maintenant été repérés, même si l'érosion et la végétation les ont passablement effacés. Sans compter que près de la moitié de la



structure se trouve sous les eaux du fleuve. Baie-Saint-Paul et La Malbaie sont érigées aux deux endroits où les marges du cratère entrent dans l'eau. Le Musée de la terre devrait ouvrir ses portes dans la région, en 2014.

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

39 CÔTE-NORD TROU BÉANT

Avec ses 100 km de diamètre, le **cratère de Manicouagan** est le quatrième plus grand au monde. Le puissant impact météoritique a eu lieu il y a 214 millions d'années et serait peut-être responsable de l'extinction massive des espèces à la fin du Trias. La construction du barrage Daniel-Johnson, terminée en 1968, a inondé le site et en facilite le repérage depuis l'espace. Le cratère en anneau est accessible par la route 389 au départ de Baie-Comeau, en passant par les installations hydroélectriques de Manic-5.

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

40 NORD-DU-QUÉBEC LE PLUS BEAU, LE PLUS LOIN

Le **cratère des Pingualuit**, formé par l'impact d'une météorite il y a 1,4 million d'années, a donné naissance à un lac si parfaitement rond dans le Grand Nord québécois qu'on a créé un parc national pour le protéger. Spectaculaire, mais accessible seulement par avion.

PAYSAGE INTÉRÊT SCIENTIFIQUE



Pourquoi bâ

Plusieurs fois par jour, femmes, hommes, enfants, singes et lézards s'y adonnent. Même les corneilles bâillent! Bizarrement, ce mouvement involontaire reste un mystère pour la science...

Texte: Anne-Marie Simard

Collaboration à la recherche: Valérie Barbin

Tout le monde le fait ou presque: les reptiles, les poissons, les chiens, les chats, les bébés, les grands-mères, les Chinois, les astronautes, Angelina Jolie et le dalaï-lama. Plusieurs fois par jour, partout sur la planète, à peu près tous les vertébrés répondent à ce besoin irrésistible, bâiller.

Aussi curieux que cela puisse paraître, cet acte involontaire se

déroule selon une séquence de mouvements qui ne varie pas, du lézard au primate. D'abord une longue inspiration, puis la bouche s'ouvre grande, la tête se renverse, les yeux se ferment et – au paroxysme – le souffle se coupe momentanément. S'ensuit une expiration rapide et une sensation de bien-être. Du début à la fin de cet étrange rituel, six secondes s'écoulent en moyenne.

On rit quand c'est drôle, on se gratte quand ça pique, on éternue quand le nez chatouille, mais pourquoi bâille-t-on? « Le

bâillement existe chez les vertébrés depuis des millions d'années, affirme Olivier Walusinski. Il est donc plausible de penser qu'il remplit une fonction essentielle. » Ce médecin généraliste français qui se passionne pour le bâillement compile depuis 30 ans tout ce qui s'écrit là-dessus. Résultat, un site Web de plus de 10 000 pages, aujourd'hui la référence mondiale sur le sujet malgré son abord touffu et un peu brouillon. Après avoir épluché minutieusement le site, on comprend mieux comment ce mécanisme archaïque se produit, mais toujours pas à quoi il sert!



ILLUSTRATION : ANNE VILLENEUVE

ille-t-on?

Il existe pourtant des dizaines de théories pour expliquer pourquoi un adulte bâille en moyenne de 5 à 10 fois par jour. Est-ce pour oxygéner son corps, refroidir son cerveau, se détendre, stimuler sa vigilance, empêcher l'affaissement de ses poumons, communiquer avec les autres ou se déboucher les oreilles? Ou encore, cette incontrôlable ouverture des mâchoires survient-elle quand on est séduit ou excité sexuellement?

Le sujet n'a rien d'anodin. La preuve, de nombreux scientifiques s'y intéressent. En 2010, à Paris, il s'est tenu la première conférence internationale sur le bâillement. Soixante chercheurs venus des États-Unis, d'Europe, de l'Inde, de l'Amérique latine et d'Israël y participaient. « Soixante chercheurs, 60 théories », résume à la blague Adrian Guggisberg, neurologue et chercheur aux Hôpitaux universitaires de Genève (HUG) en Suisse, qui a pris part à ce grand rassemblement. L'organisateur de l'événement est nul autre qu'Olivier

Walusinski qui réalise ainsi un vieux rêve pour lequel il s'est joliment endetté.

Messieurs dames les chercheurs, peut-on au moins affirmer que le bâillement est lié au sommeil ou à la somnolence? C'est ce qui semble se dégager des observations faites dans la nature. Les girafes, par exemple, semblent bâiller aussi peu qu'elles dorment. « *Giraffes can't yawn* »; c'est même écrit sur des teeshirts! Certes, des photos compromettantes contredisent ce fait sur Internet, mais Julie Hébert, biologiste au Zoo de Granby, est formelle : « Ici, les gardiens ne les ont jamais prises sur le fait. » S'ils ne bâillent pas, ces herbivores au long cou ne dorment également qu'une à deux heures par jour, un manque de vigilance pouvant les transformer illico en steak tartare pour prédateur comblé.

Parlant de prédateur comblé, les lions, eux, ronflent de 16 à 20 heures par jour et sont de grands bâilleurs. Le bâillement – tout comme le repos – serait-il donc un luxe réservé aux animaux qui ne courent aucun danger? C'est ce que laisse croire l'observation du fœtus humain à l'aide de l'échographie 3D. « Nourri, logé » dans le ventre de sa mère, il dort constamment et bâille jusqu'à 60 fois par jour.

Une fois sortis de ce cocon protecteur, tout au long de notre vie, c'est surtout

Pfff!!! Quel manque de classe!

lorsque notre heure de dodo approche que nous bâillons. « Un des déclencheurs du bâillement est bel et bien le manque de sommeil », affirme Alex Desautels, neurologue et chercheur au Centre d'études avancées en médecine du sommeil de l'Hôpital du Sacré-Cœur, à Montréal. Ou la résistance à l'endormissement,





quand la situation l'impose. Les astronautes, par exemple, qui ne peuvent « dormir sur la *switch* » bâillent beaucoup.

Plusieurs chercheurs ont tenté de voir si le bâillement stimule la vigilance. Ils ont mesuré l'activité cérébrale, le rythme cardiaque et la sudation avant et après l'accomplissement de ce mystérieux automatisme. Les résultats? Contradictaires! Récemment, Adrian Guggisberg, a mesuré les ondes cérébrales chez 16 sujets dans la minute qui précède et suit un bâillement. « Après le bâillement, elles avaient ralenti », affirme le neurologue rejoint à Genève. Le bâillement aurait endormi davantage ses sujets.

Colette Maher, qui en connaît un rayon sur la relaxation, ne s'en étonne pas. Pour cette pionnière de l'enseignement du yoga au Québec qui participait à la conférence de Paris, le bâillement est « la forme de respiration la plus profonde qui soit ». Sur un CD qu'elle a produit, *Bâillements et étirements*, elle donne des consignes

d'une voix calme pour induire ce mouvement chez l'auditeur pendant que de grands « aaaaaaeeeeiiiiiiwwww » se font entendre. Et ça marche! S'il faut forcer les bâillements au début, ils viennent facilement après quelques minutes et le risque de s'endormir sur le plancher de son salon croît avec l'usage... « Le bâillement soulage le stress, l'insomnie et l'anxiété », affirme la prof. Mais l'agréable torpeur ressentie est-elle vraiment causée par les bâillements ou plutôt par le fait de ne penser à rien, allongé dans une pièce sombre?

« Plus on étudie le bâillement, plus on se rend compte que c'est un mécanisme complexe », dit Olivier Walusinski. Car ce mouvement de bouche serait lié non seulement aux cycles d'éveil-sommeil, mais aussi de faim-satiété et de sexualité. « Pour la plupart des animaux, être éveillé signifie chercher de la nourriture et tenter de se reproduire. Certains ne dorment pas tant qu'ils n'ont pas mangé. »

Le bâillement lié à l'appétit? Peut-être. Après tout, ne bâille-t-on pas davantage après un repas copieux? À l'inverse, chez les diabétiques, des bâillements répétés

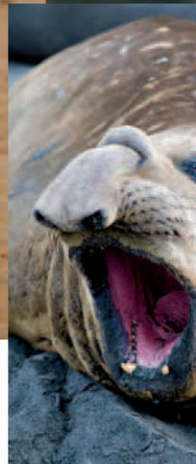
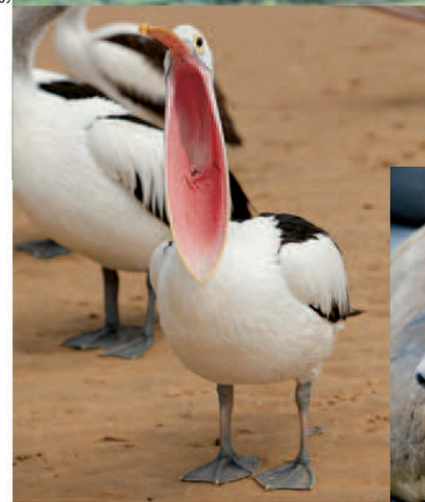
annoncent une crise d'hypoglycémie. Le médecin français résume : « Toutes ces fonctions seraient gérées par les mêmes structures cérébrales primitives. » Des structures qu'on retrouve même chez les reptiles et les oiseaux.

Le chef d'orchestre du bâillement, c'est l'**hypothalamus**. Cette petite bille logée tout près du tronc cérébral sert d'intermédiaire entre l'hypophyse, la glande qui produit des hormones, et le système nerveux. Dès qu'il perçoit de subtiles variations hormonales, l'hypothalamus transmet des instructions au tronc cérébral. Ce dernier envoie les commandes motrices qui feront bouger les muscles du visage, de la respiration et du diaphragme, provoquant bâillements et étirements.

Si on enlève l'hypothalamus à un rat, il ne bâille plus. Par contre, ce réflexe augmente considérablement chez les humains qui ont une tumeur à l'hypophyse. « On pense que la tumeur comprime l'hypothalamus, ce qui dérèglerait sa fonction ou induirait une décharge d'hormones », pense Alex Desautels.

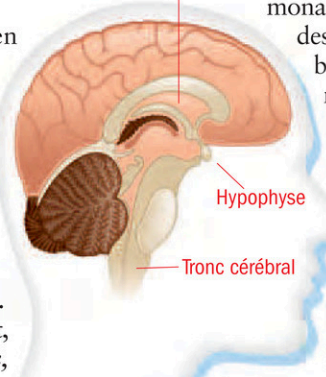
La preuve que le bâillement pourrait être causé par un débalancement chimique, c'est qu'on peut le provoquer par la prise de médicaments. Après une injection d'hypocrétine, un neuromodulateur produit par l'hypothalamus qui régule l'éveil et l'appétit, des rats ont failli se décrocher la mâchoire à force de bâiller. Quant à la clomipramine, un antidépresseur ancêtre du Prozac, elle provoquait chez certaines personnes un effet secondaire étrange : des salves de bâillements.

L'athlète états-unien Apolo Ohno, le



prodige du patinage de vitesse, mystifie les téléspectateurs avec ses bâillements répétés sur la ligne de départ. Il y a fort à parier que, dans son cas, le déclencheur n'est pas la somnolence. « Les parachutistes bâillent avant de sauter; et les acteurs, avant d'entrer en scène, affirme Olivier Walusinski. Le bâillement semble jouer ici un rôle apaisant, réduisant la tension psychique. » C'est là qu'entre en jeu une partie plus évoluée du cerveau, le système limbique, lié aux émotions. Comme si, au cours de l'évolution, le siège du bâillement s'était ramifié pour atteindre des structures cérébrales plus évoluées.

Mais il ne s'agit là que de spéculations



Hypophyse

Tronc cérébral

OXYGÉNER SON CERVEAU?

On a cru longtemps qu'on bâillait pour oxygéner son cerveau. Mais le neurobiologiste Robert Provine a démolé cette thèse dans les années 1980. Il a fait respirer à des sujets un air riche en gaz carbonique. Malgré le manque d'oxygène, ces derniers n'ont pas bâillé davantage. Puis, il leur a fourni un concentré d'oxygène et la fréquence des bâillements n'a pas diminué. Respirer plus fort et plus rapidement n'a rien changé non plus. Bref, oxygène et bâillement ne seraient pas liés. De toute façon, pour oxygéner son corps et son cerveau, il existe déjà un mécanisme très efficace : respirer.



LE BÂILLEMENT SERAIT LIÉ NON SEULEMENT AUX CYCLES D'ÉVEIL-SOMMEIL, MAIS AUSSI DE FAIM-SATIÉTÉ ET DE SEXUALITÉ. POUR LA PLUPART DES ANIMAUX, ÊTRE ÉVEILLÉ SIGNIFIE CHERCHER DE LA NOURRITURE ET TENTER DE SE REPRODUIRE. CERTAINS NE DORMENT PAS TANT QU'ILS N'ONT PAS MANGÉ.

ou, au mieux, d'observations. La réalité, c'est qu'il existe très peu d'études sur le bâillement. En effet, convaincre des bailleurs (et non bâilleurs) de fonds de financer un sujet aussi cocasse relève de l'exploit. « Il y a des problèmes pas mal plus graves à étudier ! » dit Alex Desautels.

On dispose par contre de données scientifiques solides sur un phénomène connexe et désopilant, la contagion du bâillement. À la conférence de Paris, Colette Maher a fait une démonstration éclatante de ce mécanisme, non pas avec de savants graphiques mais en bâillant dans le micro ! Après quelques minutes, l'assistance au complet, pourtant composée de gens très cartésiens, exhibait sa lurette en chœur. Les rires fusaient, les larmes coulaient; tout un spectacle !

Or plus le degré d'intimité est grand entre les individus, plus le phénomène de contagion est marqué, nous apprend une récente étude publiée dans *PLoS ONE* par des chercheurs de l'université de Pise, en Italie. « C'est lié à notre capacité d'empathie, explique Olivier Walusinski. Les gens qui sont sensibles au bâillement d'autrui identifient mieux l'état psychologique de l'autre. » Grâce à l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf), qui permet de voir le cerveau en action, on sait

maintenant quelle partie du noble organe s'active quand on voit quelqu'un bâiller. Il s'agit du cortex préfrontal ventromédian qui est lié, entre autres choses, à la compassion et à l'empathie.

D'ailleurs, l'imitation du bâillement serait plus rare chez les personnes souffrant d'autisme qui communiquent difficilement avec les autres. Et ce n'est qu'à partir de cinq ou six ans que les enfants commencent à bâiller en observant les autres – signe que cette capacité est gérée par des structures cérébrales évoluées. Ainsi, ce phénomène serait limité aux animaux sociaux qui vivent en groupe, comme l'homme, le chimpanzé, le babouin et le macaque.

À Atlanta, le Yerkes National Primate Research Center abrite plus de 3 000 primates. Matthew Campbell y termine son postdoctorat avec un des primatologues les plus célèbres de l'heure, Frans de Waal. « Du bureau où je me trouve présentement, j'ai une vue imprenable sur le terrain de jeu des chimpanzés », dit-il à l'autre bout du fil. Les 24 pensionnaires sont divisés en 2 groupes qui vivent dans des complexes différents. Les primatologues ont observé chez eux plusieurs comportements empathiques, comme se réconcilier après une dispute ou consoler un congénère peiné. Dur coup pour les humains qui croyaient que ces vertus leur étaient réservées...

REFROIDIR SON CERVEAU?

Le bâillement servirait à rafraîchir un cerveau surchauffé. C'est la thèse que défend âprement Andrew Gallup, postdoctorant au département d'écologie et de biologie de l'évolution, à l'université Princeton, aux États-Unis. L'air frais qui s'engouffre dans nos voies respiratoires rafraîchirait le sang qui monte au cerveau et l'organe central lui-même. Mais la communauté scientifique est sceptique. « Il y a beaucoup d'arguments contre cette thèse, affirme le médecin français Olivier Walusinski. Quand on a de la fièvre, bâille-t-on plus que d'habitude? Non ! »

Andrew Gallup multiplie les publications dans lesquelles il se cite lui-même abondamment. En 2010, après avoir planté des sondes directement dans le cortex de quatre rats, il note une variation de 0,1 °C avant et après un bâillement. Adrian Guggisberg, neurologue et chercheur aux Hôpitaux universitaires de Genève en Suisse, se questionne : « Le bâillement est-il le résultat de cette hausse de température ou survient-il simplement en même temps? »

Dans une autre expérience, Gallup a installé des « sacs magiques » chauds ou froids sur la tête d'hommes et de femmes qui visionnaient une vidéo de bâillements. Observation : la compresse froide fait moins bâiller que la chaude. Le chercheur en conclut qu'un cerveau déjà rafraîchi a moins besoin de ce mécanisme de régulation. Un protocole de recherche un peu simpliste, avouons-le.

Les chercheurs ont aussi voulu savoir si les chimpanzés étaient sensibles au bâillement d'autrui – question de raffermir la thèse de leur capacité d'empathie. Ils leur **ont montré sur l'écran** d'un téléphone intelligent des vidéos d'autres chimpanzés qui bâillaient. Sans surprise, les primates ont bâillé à leur tour. Fait à noter, la contagion



VERKES NATIONAL PRIMATE RESEARCH CENTER

était plus marquée quand la vedette de la vidéo appartenait à leur propre groupe. Question de familiarité, comme chez les humains!

Ne reculant devant rien, la chercheuse britannique Anna Wilkinson a quant à elle tenté d'observer le même phénomène chez la tortue. Elle a d'abord travaillé d'arrache-pied pour entraîner l'une d'elles à bâiller sur commande, en échange d'une petite gâterie. Puis, elle a tenté de voir si ses compagnes l'imitaient. Peine perdue, les autres tortues sont restées de marbre. Les efforts de la psycho-biologiste furent au moins récompensés par un des IgNobel – satire des prix Nobel – qui couronnent les recherches les plus cocasses de l'année.

Tout cela est bien beau, mais ne répond pas à la question qui nous occupe : pour-

LE BÂILLEMENT ÉROTIQUE

La clomipramine, ancêtre du Prozac, avait de quoi remettre le sourire aux lèvres de certains patients. Selon une étude publiée en 1983 dans *Canadian Journal of Psychiatry*, leurs bâillements étaient assortis d'un orgasme spontané!

Le bâillement aurait quelque chose d'érotique. À son paroxysme, n'est-il pas aussi plaisant qu'un mini-orgasme? Dans l'hypothalamus, les neurones de l'oxytocine – un neurotransmetteur qui procure une sensation de bien-être et de tendresse – contrôlent à la fois les bâillements et l'érection. Chez les macaques ou certains rats, le mâle dominant bâille avant et après l'accouplement, pour afficher son statut. Après castration, les bâillements disparaissent mais sont restaurés par des injections de testostérone.

Le Néerlandais Wolter Seuntjens, un historien de la psychologie, a compilé des centaines d'exemples évoquant un certain lien entre sexualité et bâillement dans la littérature, les arts visuels, les traités de linguistique, de psychologie et de médecine. Dans le *Kâma Sûtra*, un guide de la vie intime écrit au IV^e siècle en Inde, le bâillement de la demoiselle assorti d'étirements est un signe qu'elle répond aux avances du monsieur. Dans les vieux proverbes français, on ne soupire pas d'amour, on bâille d'amour. Enfin Wolter Seuntjens voit dans les photos de pin-up des années 1950 – bras derrière la tête, bouche entrouverte et poitrine dressée – la position typique du bâillement-étirement. Ça ne vous convainc pas?



ALBERTO VARGAS

quoi bâille-t-on? « Ce réflexe remplit différentes fonctions et son utilité varierait d'une espèce à l'autre », conclut évasivement Olivier Walusinski.

Pour en savoir plus, il faudra convaincre bien des gens de l'utilité de ces recherches. Matthew Campbell ne doute pas une seconde d'y parvenir : « La contagion du bâillement pourrait devenir un outil de plus pour dépister des problèmes de santé

mentale, comme l'autisme ou la schizophrénie. Ou pour évaluer l'efficacité de programmes visant à rendre les gens plus empathiques, par exemple pour contrer la xénophobie ou l'intimidation. » La paix dans le monde grâce au bâillement? C'est le dalaï-lama qui va être content...

+ Pour en savoir plus
www.baillement.com

Abonnez-vous à Québec Science

Profitez d'une réduction pouvant aller jusqu'à 40% sur le prix en kiosque



1 an : 35 \$ + taxes (26% de réduction)
2 ans : 63 \$ + taxes (34% de réduction)
3 ans : 86 \$ + taxes (40% de réduction)



Procurez-vous également les autres magazines publiés par Vélo Québec Éditions
www.velo.qc.ca

514 521-8356 ou 1 800 567-8356, poste 504





exploratv.ca

explora 

LA NOUVELLE CHAÎNE TÉLÉ DE RADIO-CANADA

DÉBROUILLÉE SUR



POSITIONS 90 ET 690 EN HD



POSITIONS 40 ET 518 EN HD



POSITION 86



Le Sommet de la Terre de 1992, qui s'est tenu à Rio de Janeiro, a constitué un tournant politique et scientifique dans l'histoire moderne. Plus de 170 chefs d'État et de gouvernement – George Bush, Brian Mulroney, François Mitterrand, Boris Eltsine, Fidel Castro, etc. – appuyés par près de 20 000 de leurs fonctionnaires s'y étaient donné rendez-vous pour discuter pendant 12 jours de l'avenir écologique de la planète. Au même moment, des centaines d'organisations non gouvernementales tenaient un Forum mondial qui faisait contrepoids aux discussions officielles. Les résultats de ce grand happening vert? Trois conventions internationales majeures : le fameux traité sur les changements climatiques, qui sera défini quelques années plus tard à Kyoto; une convention sur la diversité biologique; et une autre, moins connue, sur la désertification. À cela, on a ajouté un ambitieux plan global d'intervention pour le XXI^e siècle appelé *Agenda 21*. Vingt ans plus tard, les Nations unies invitent les États pour un autre Sommet de la Terre, à Rio, le 20 juin prochain. On compte discuter d'économie et de gouvernance. Appelée Rio+20, cette rencontre, plus modeste, ne durera que 3 jours. Que peut-on en attendre? Christian Simard, qui participait au Sommet de 1992 et qui est aujourd'hui directeur général du groupe environnemental Nature Québec, nous livre son point de vue.



“ Vingt après Rio, nous n'avons absolument rien appris. ”

Le Sommet de la Terre de Rio se tiendra dans quelques semaines. Que peut-on attendre de cet éco-carnaval?

Vingt ans après le Sommet de la Terre de 1992, le contexte mondial est-il plus ou moins favorable à la prise en compte des enjeux écologiques?

Notre planète est encore éclopée et secouée par de graves crises financières qui cachent une crise écologique majeure. Pour tout dire, je crois que l'on est en train de foncer dans le mur. On a misé sur la croissance économique pour résoudre tous nos problèmes, mais nos écosystèmes ne pourront pas la soutenir éternellement. Actuellement, le bateau reste à flot grâce à la croissance fulgurante de l'Inde et de la Chine. Tous les pays occidentaux se sont tirés de la crise financière parce que ces deux super-géants continuent de se développer. Mais cela va durer combien de temps? Nous sommes devenus des fournisseurs. Même le Plan Nord, au Québec, est basé sur la satisfaction des besoins asiatiques. Nous ne faisons que retarder le moment fatidique. Il va y avoir

une cassure, car l'Inde et la Chine ne pourront garder ce rythme de croissance indéfiniment. Elles sont déjà placées face au défi de nourrir une population énorme. On parle de l'émergence de 30 villes de 10 millions d'habitants en Chine d'ici 2020. Or, notre planète est de plus en plus peuplée et il y a de moins en moins de ressources disponibles.

Les systèmes politiques sont-ils adaptés à cette nouvelle réalité économique et écologique?

Le commerce et l'économie capitaliste se sont beaucoup complexifiés. Ainsi, nous ne sommes pas encore capables, d'un point de vue politique, de régler des problèmes aussi fondamentaux que l'accès à l'eau potable. Les guerres n'ont jamais été aussi nombreuses et elles créent des catastrophes écologiques, puisqu'elles nous forcent à utiliser des ressources pour tuer des hu-



AARON MCCORMICK/COLAGENE.COM

maines et saccager des habitats. Les conventions internationales n'ont pas le poids qu'elles devraient avoir afin de s'attaquer à ces problèmes. C'est pour cela que la question de gouvernance sera soulevée à Rio.

Il existe au moins des « outils » qui n'existaient pas en 1992.

Oui, nous avons signé de grandes conventions, adopté l'*Agenda 21*, mais il y avait déjà un problème de gouvernance au moment où ces traités ont été adoptés, car aucun signataire n'est imputable. Par exemple, tous les États se sont dotés de stratégies en faveur de la biodiversité; cela n'empêche pas de constater des reculs. Nous nous sommes fixés des objectifs ambitieux que nous sommes à peu près in-

capables de respecter.

On constate d'ailleurs qu'un État peut se dissocier d'une entente qu'il a signée si, tout à coup, pour des raisons conjoncturelles, cela ne lui convient plus. Le Canada l'a fait avec l'accord de Kyoto. Résultat, on constate maintenant une perte de confiance envers ces traités.

Dans un contexte semblable, la gouvernance mondiale ne relève-t-elle pas de l'utopie?

Il y a une initiative avancée par des juristes internationaux qui m'apparaît très intéressante et qui pourrait être discutée au sommet de Rio. Cela s'appelle le principe de « non-régression ».

C'est-à-dire?

Dès que l'on adopterait une loi environ-

nementale, que l'on retiendrait une stratégie pour protéger la biodiversité ou pour lutter contre les changements climatiques, on ne pourrait pas revenir en arrière. On ne pourrait pas alléger des contraintes environnementales déjà définies.

Se servir du droit est peut-être une façon d'avancer. Vous savez, des lois de type déclaratoire, il y en a partout. Même la Loi québécoise sur le développement durable est essentiellement déclaratoire, elle a donc peu d'effets concrets. Adopter le principe de non-régression éviterait des aberrations comme ce qui se produit avec les aires protégées au Québec, par exemple. Quand on crée une aire protégée – comme on l'avait fait jadis avec le mont Orford, près de Sherbrooke –, on ne devrait pas pouvoir annuler le statut qui la protège. Cela s'est



encore produit récemment au Québec. Dans l'indifférence générale, la superficie de la réserve écologique de la Matamec, sur la Côte-Nord, a été réduite pour laisser passer des lignes électriques en provenance des barrages de la rivière Romaine. Pourtant, le statut de réserve écologique constitue le plus haut niveau de protection au Québec.

Le célèbre rapport Brundtland produit en 1986 questionnait les rapports entre l'économie et l'environnement. On s'était alors mis à parler de «développement durable». Cette expression est-elle encore pertinente?

Le développement durable a été dénaturé, vidé de son sens; cela a engendré de nombreuses dérives. On a même parlé de dé-

gré les progrès technologiques. Nous n'avons absolument rien appris et nous exerçons encore une pression énorme sur les écosystèmes.

Qu'est-ce que les gouvernements devraient faire?

La croissance est encore un sujet tabou dans les campagnes électorales des grands pays occidentaux. Car on s'imagine que c'est cette croissance qui nous permet d'avoir des systèmes de santé et des services sociaux accessibles. Et dès que les écologistes commencent à dire qu'il faudrait freiner la croissance, on leur reproche de tenir un discours de dinosaure.

Mais s'il n'avance pas par la sagesse

ONG de son côté pour faire valoir l'idée d'une convention sur la diversité biologique. Il s'est fait applaudir par les ONG. Nous sommes

loin de ça aujourd'hui avec le gouvernement conservateur (sans le mot «progressiste»). On constate maintenant un dialogue de sourds entre Ottawa et les ONG.

Et il y a pis, ces dernières ont pratiquement perdu la bataille de l'opinion publique; comme aux États-Unis, le pays qui a la plus grosse empreinte écologique sur Terre. Plus de la moitié des États-Uniens ne croient pas que l'activité humaine est responsable des changements climatiques. Comment, avec cette men-

Aujourd'hui, quand on parle d'économie verte, c'est de la langue de bois, car cette économie soi-disant verte se superpose à l'économie brune, polluante et destructrice de l'environnement.

veloppement durable à propos de l'exploitation de ressources comme les mines ou le pétrole, qui ne se renouvellent même pas! Encore aujourd'hui, quand on parle d'économie verte, c'est de la langue de bois, car cette économie soi-disant verte se superpose à l'économie brune, polluante et destructrice de l'environnement. Elle ne la remplace pas. D'ailleurs, les choses ont-elles vraiment changé, alors qu'on constate que notre consommation de pétrole par habitant n'a pas bougé depuis 20 ans? En fait, ce qu'une plus grande efficacité énergétique a permis à un ménage d'épargner, il l'a investi dans une deuxième voiture! Ainsi, notre empreinte écologique n'a pas diminué, mal-

préventive, le monde finira par «avancer» à coups de crises. Je me retiens d'être cynique et catastrophiste, même s'il y a toutes les raisons de l'être. Ce dont je suis certain, c'est qu'une redéfinition du développement humain ne passe pas par une augmentation de notre consommation.

Les ONG et les groupes environnementaux auront-ils leur mot à dire au Sommet de Rio?

Leur rôle est beaucoup plus restreint que lors du Sommet de 1992. Il faut savoir que le gouvernement canadien de l'époque était «progressiste-conservateur». Jean Charest, alors ministre fédéral de l'Environnement, représentait le pays à Rio. Il avait réussi à mettre les

talité, pourrait-on instituer des mesures pour lutter contre ce problème?

Le Sommet de 1992 avait suscité beaucoup d'espoir. On voyait se profiler de grands enjeux et les États semblaient vouloir se responsabiliser. Mais les conventions déclaratoires ont été suivies de peu de résultats. Les lobbies de la vieille économie des États-nations ont continué à fragiliser la planète. C'est pourquoi les discussions portant sur la gouvernance pourraient offrir une piste de solution, mais cela suppose des changements de mentalité chez nos dirigeants ou, mieux, un changement de dirigeants.

**Propos recueillis
par Raymond Lemieux**

TERRE

Technologies des énergies renouvelables et du rendement énergétique

Une vision d'avenir au Cégep de Jonquière



Le Cégep de Jonquière est le premier établissement collégial à avoir développé une formation dans le créneau des énergies renouvelables et du rendement énergétique.

L'établissement collégial fait figure de précurseur dans ce domaine d'avenir, où les besoins en main-d'œuvre sont exponentiels et où les maillages avec l'entreprise sont florissants.

cegepjonquiere.ca



TERRE

- > Trois sites école-entreprises (laboratoires-terrain)
- > 40 laboratoires de recherche
- > Plus de 4 millions de dollars investis

Une vitrine technologique

- > Multifilière énergétique
- > Éolien
- > Solaire
- > Géothermie
- > Hydraulique
- > Rendement énergétique
- > Bioénergie

9 techniques physiques orientées vers les énergies renouvelables

- > Conception de bâtiments écoénergétiques
- > Conception et fabrication d'une suspension d'un véhicule solaire
- > Entretien et exploitation d'une éolienne québécoise de 25 kw sur un mât de 36 mètres de haut

Une attestation d'études collégiales TERRE

Une chaire de recherche industrielle TERRE

- > La chaire de recherche concentrera ses travaux sur le couplage multifilière sous des conditions nordiques, dans un contexte de production d'énergie verte et de gestion intelligente des réseaux.
- > La chaire est financée par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG).





LE PONT DES SO

Considéré comme une prouesse d'ingénierie à l'époque, le pont Champlain était pourtant intrinsèquement vulnérable, dès sa construction, en 1962. Il est aujourd'hui irrémédiablement endommagé. A-t-on tiré les leçons du passé ?

Par Jean-Hugues Roy

En août 1958, Hugh Pratley n'a que 31 ans, mais il en a beaucoup sur les épaules. Son père vient de mourir d'un fulgurant cancer du pancréas, le forçant à prendre les rênes de l'entreprise familiale de génie-conseil à un moment crucial. La boîte supervise simultanément la construction de quatre ponts ! Il y en a trois en Ontario – à Cornwall, Prescott et Burlington. Mais il y a surtout le pont Champlain, à Montréal, le plus long au Canada, à l'époque.

Comme s'il voulait prévenir les critiques, l'ingénieur aujourd'hui âgé de 85 ans in-

siste : « J'ai donné au pont Champlain toute l'attention requise. »

Et, c'était (déjà !) un dossier qui en réclamait beaucoup ! Son père, Philip L. Pratley, un ingénieur civil réputé, avait conçu une première version. L'ouvrage devait être en acier, comme les ponts Jacques-Cartier et Honoré-Mercier.

Mais le propriétaire du pont, le Conseil des ports nationaux (CPN), société fédérale aujourd'hui dissoute, a soudain réclamé une structure en béton, moins coûteuse. « Je n'aimais pas beaucoup cette idée, dit M. Pratley. Mais qui étais-je pour dire au gouvernement quoi faire ? » Comme c'était

aussi le gouvernement qui payait, ce fut lui qui eut le dernier mot.

Plus d'un demi-siècle plus tard, bien des ingénieurs aimeraient pouvoir remonter le temps. Car les choix de l'époque ont eu des répercussions énormes dont nous écopons aujourd'hui. Ils expliquent en grande partie pourquoi le pont Champlain est dans un état pitoyable, au point qu'on devra le démolir et en construire un nouveau.

Mais revenons au début des années 1950. Montréal vit un boom économique sans précédent et les bouchons de circulation font régulièrement les manchettes.



UPIRS

La métropole est « malade de son trafic automobile », écrit-on dans les journaux de l'époque. La solution? Des autoroutes!

En 1956, la Cité de Montréal dépose un mémoire à la Commission royale d'enquête sur les perspectives économiques du Canada, dans lequel elle prévoit que la région comptera 3,5 millions d'habitants en 1981. La firme de génie-conseil, Lalonde, Girouard et Letendre qui, dans son *Plan directeur des routes à caractère métropolitain* de 1961, en anticipe quant à elle 4,4 millions plaide pour 8 nouvelles autoroutes sur l'île de Montréal!

C'est dans ce contexte que, en août 1955, le ministre fédéral des Transports George C. Marler annonce la construction d'un quatrième pont entre Montréal et la Rive-Sud. On l'appellera le « pont de l'île des Sœurs »; il aura 4 voies et coûtera 25 millions de dollars. Des études réalisées entre 1956 et 1957 démontreront que c'était insuffisant. Le projet final comptera 6 voies, coûtera 35 millions de dollars, et le gouver-



PHOTOS : LES PONTS JACQUES CARTIER ET CHAMPLAIN INCORPORÉE

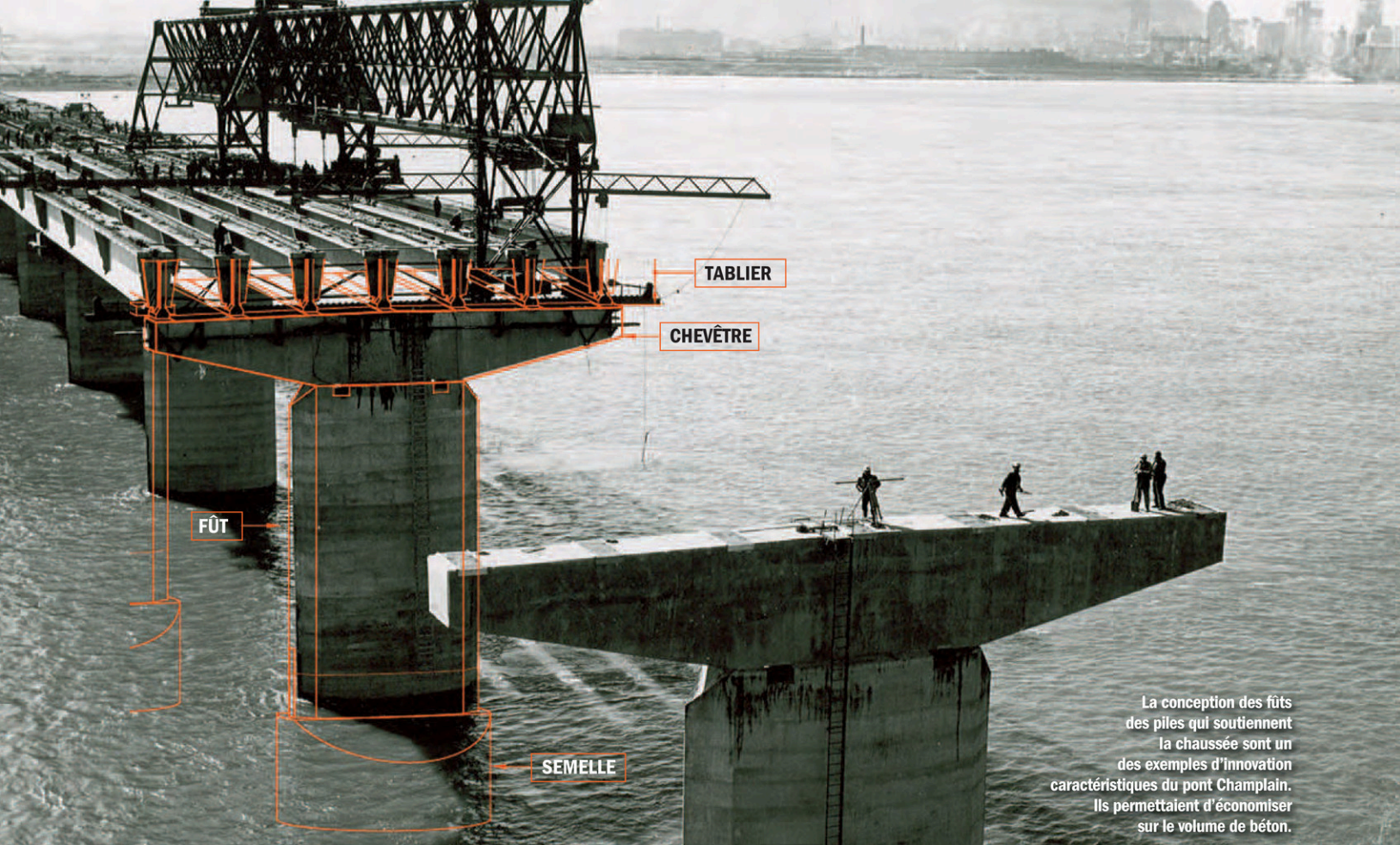


nement fédéral le renommera « pont Champlain » afin de souligner le 350^e anniversaire de la fondation de Québec par Samuel de Champlain.

Quand Philip L. Pratley entre en scène, il a un peu plus de 60 ans. L'ingénieur s'y connaît, il a conçu le pont Jacques-Cartier, 30 ans plus tôt, et il préconise un pont à charpente d'acier, tel qu'on en construit depuis le début du XX^e siècle.

Dès 1957, on profite du creusage de la Voie maritime pour assécher le chenal afin d'ériger, à sec, les gigantesques piliers à trois fûts qui supporteront la charpente d'acier caractéristique du pont Champlain. Ces piliers soutiennent également **quelques travées** (encerclées en rouge) où l'acier se trouve sous la chaussée. Tout le reste du pont Champlain devait ressembler à ces travées.

Mais on dispose depuis peu d'une nouvelle



La conception des fûts des piles qui soutiennent la chaussée sont un des exemples d'innovation caractéristiques du pont Champlain. Ils permettaient d'économiser sur le volume de béton.

Le pont Champlain en chiffres

Ouverture à la circulation :
29 juin 1962

Longueur : 3 457 m
(entre l'île des Sœurs et Brossard)

Largeur : 23,2 m

Hauteur au-dessus de la voie maritime : 36,6 m

Nombre de piles : 56

Poids : 171 000 tonnes (plus de 11 000 tonnes d'acier et 160 000 tonnes de béton armé)

Coût de la construction : 35 millions de dollars
(en dollars constants de 1962)

Coût de l'entretien : 77,33 millions de dollars de 1992 à 2009
(4,3 millions par an en dollars constants de 2010)

Coût de l'entretien à venir : 212 millions de dollars de 2009 à 2019 (21,2 millions par an)

Coût de la démolition : 155 millions de dollars
(prévue entre 2022 et 2024)

Circulation quotidienne moyenne en 1962 :

5 500 véhicules

Circulation quotidienne moyenne en 2011 : 160 000 véhicules
(29 fois plus qu'en 1962)

technologie dans le monde du génie civil, la précontrainte de béton. Mise au point entre les deux guerres par l'ingénieur français Eugène Freyssinet, elle a été abondamment utilisée pour reconstruire l'Europe après 1945. Cette méthode consiste à ajouter, à l'intérieur d'un élément de béton, des câbles d'acier sur lesquels on tire avec des vérins pneumatiques pendant que le béton durcit lentement. La dalle ou la poutre est ainsi « contrainte » comme un muscle qu'on raidit, ce qui lui confère davantage de résistance.

La principale qualité de la précontrainte est son coût. Parce que ce béton est plus résistant, il en faut moins pour supporter une même charge, permettant ainsi de réaliser des économies substantielles. Construit en 1956, l'immense pont du lac Pontchartrain, en Louisiane, a coûté 27,6 millions de dollars. Il en aurait coûté 33,5 millions s'il avait été fait en acier (18 % de plus).

Ingénieur à la retraite, René Martineau a effectué un stage de un an à la Société technique pour l'utilisation de la précontrainte (STUP), à Paris, en 1950, après l'obtention de son diplôme de Polytechnique, à Montréal. Il y a même rencontré Eugène Freyssinet, « un ours, un peu grognon, mais quand même sympathique », résume-t-il.

Il raconte que c'est un jeune ingénieur belge, Philippe Benn, qui a, le premier, sensibilisé le Conseil des ports nationaux à la précontrainte.

Pour le pont, plus court, qui relie Verdun à l'île des Sœurs, Benn a proposé cette option, alors que ce pont devait être en acier. « Ils ont été impressionnés par la différence de prix », relate M. Martineau qui a par la suite proposé que l'organisme fédéral fasse la même chose avec le pont Champlain, entre l'île des Sœurs et la Rive-Sud. René Martineau et son associé rencontrent le président du CPN, Maurice Archer, et réussissent à le convaincre.

Dans une volte-face étonnante, le CPN demande alors à des entrepreneurs en construction de proposer leurs propres concepts. « C'était assez inhabituel », se souvient René Martineau car, d'ordinaire, les entrepreneurs exécutent les plans réalisés par l'ingénieur-conseil.

Sur 28 soumissions reçues, les 6 moins onéreuses proposaient du béton précontraint. Elles étaient en moyenne 17 % plus économiques que les solutions à charpente d'acier.

C'est le consortium MKD, formé par McNamara, The Key Construction (filiale de la française Fougerolles) et Deschamps & Bélanger, qui empoche finalement le contrat. Le projet est passablement ingénieux, pour ne pas dire génial. Partout, on réussit à économiser sur le béton. **Les fûts des piles**, par exemple, sont de forme oblongue, ce qui en diminue le volume, tout en favorisant un meilleur écoulement des glaces.

Mais c'est surtout sur le tablier que les ingénieurs font preuve d'astuce. D'ordinaire, la chaussée d'un pont est faite d'une mince couche

Le sel que l'on a épandu pour faire fondre la neige a été extrêmement dommageable pour la structure au fil des ans. Les ingénieurs avaient pourtant recommandé d'y verser plutôt du sable et de la cendre.

d'asphalte disposée sur une dalle de béton qui repose à son tour sur des poutres, elles aussi en béton, dans la plupart des cas, au Québec. Le pont Champlain lui, n'a pas de dalle. L'asphalte est étendu directement sur la semelle supérieure des poutres qui sont reliées les unes aux autres par des bandes de béton de 21,5 cm d'épaisseur. Résultat : une appréciable économie de poids.

Qui plus est, sur chaque travée, les 7 poutres et 6 bandes intercalaires sont traversées de 42 câbles de précontrainte, perpendiculaires au flot de circulation. L'ensemble est ainsi « soudé », comme s'il s'agissait d'un seul et même élément. « À ma connaissance, c'est la première fois que de la précontrainte transversale était utilisée au Canada », dit Saeed Mirza, professeur de génie civil à l'Université McGill, qui a étudié les problèmes du pont Champlain dès le début des années 1990.

« À l'époque, c'était brillant, dit le directeur général des Ponts Jacques-Cartier et Champlain Inc. (PJCCI), Glen Carlin. Pas besoin de dalle; les voitures rouleront directement sur les poutres. » L'ennui, c'est qu'en faisant de chaque travée un ensemble indissociable, on rendait impossible le remplacement d'une seule poutre, imposant de changer toutes les autres et de fermer complètement le pont pendant plusieurs jours!

Le problème était connu des concepteurs. Roger Dorton, ingénieur à l'emploi de M. Pratley, l'écrivait dès 1962 dans le livre publié à l'occasion de l'inauguration du pont Champlain : « Ces mêmes poutres ne peuvent être remplacées si elles sont endommagées. »

Pour éviter les problèmes, M. Dorton précise que « le sel et autres produits chimiques ne seront pas utilisés pour faire fondre la neige sur le pont ».

Saeed Mirza le confirme : « Initialement, il était prévu d'utiliser du sable et des cendres. » Sauf que le pont Champlain a été inauguré à l'époque où les ingénieurs découvraient le sel pour déglacer les routes : « C'est arrivé vers la fin des années 1950 comme une solution miracle, se souvient Glen Carlin. Le tablier d'un pont



PHOTOS : LES PONTS JACQUES-CARTIER ET CHAMPLAIN INCORPORÉE

gèle plus vite qu'une route parce qu'il n'y a pas la chaleur de la terre en dessous. Le sel ne coûtait pas cher et on en étalait en abondance. »

On ignore à partir de quand on a « oublié » qu'il ne fallait pas mettre de sel sur le pont Champlain. On sait cependant qu'on en a répandu joyeusement et que cela a causé des dommages considérables, plus importants qu'à toute autre structure, en raison de la conception même de l'ouvrage.

« Le drainage était inadéquat », explique d'abord Saeed Mirza. Des trous sur les côtés de la chaussée ont fait en sorte que, pendant des années, de l'eau salée s'est écoulée sur les « poutres de rive », celles qui sont le plus à l'extérieur. L'eau pénétrait également dans les joints de dilatation jusque sur le dessus des chevêtres. Avec le temps, et les cycles de gel-dégel, le sel a corrodé l'acier d'armature si profondément à l'intérieur

En haut, des ouvriers à l'œuvre dans la réfection d'un fût du pont Champlain. Dans la partie inférieure, on voit bien l'armature d'acier qui soutient le béton. En bas, le coffrage de bois dans lequel on coule le béton frais afin de réparer les vieux piliers. Il est retiré une fois le tout figé.

des chevêtres, que le béton abîmé est impossible à remplacer entièrement. C'est comme si on obturait une dent en surface sans enlever la carie qui se trouve à l'intérieur. Ce n'est qu'en 1995 qu'on a installé des gouttières qui dirigent l'eau salée directement dans le fleuve.

Les poutres aussi se sont avérées fragiles. Chacune contient 24 câbles de précontrainte disposés en forme de «U» évasé. Quatorze de ces câbles aboutissent aux extrémités des poutres. Mais les 10 autres aboutissent dans le haut des poutres, au niveau de la semelle supérieure. Sur des photos d'archives,



«si ce n'est du pavage», indique M. Carlin. Et le nombre de véhicules qui y circulent quotidiennement a été multiplié par 29 depuis 1962!

Malgré tout cela, il tient toujours. «Je dors très bien la nuit», assure Glen Carlin. C'est que son équipe a innové autant, sinon plus, que les concepteurs originaux du

pont. On a d'abord ajouté des câbles qui courent le long des parties endommagées. Ces câbles sont fixés à des boîtes de béton solidement ancrées puis tendus, ce qui aide les poutres et les chevêtres les plus mal en point à tenir. Depuis 1986, 94 des 100 poutres de rive et 35 des 48 chevêtres ont ainsi été renforcés. Mais cela n'augmente pas la résistance à ce qu'on appelle les «efforts tranchants», des forces qui peuvent mener à la rupture soudaine du béton. Pour cela, les ingénieurs de PJCCI ont mis au point un système unique au monde. Il s'agit de soutenir les poutres de rive à l'aide de deux chevalets triangulaires en acier placés en dessous. Les chevalets sont à leur tour reliés à des câbles d'acier ancrés et mis sous tension. L'ensemble a été baptisé une arbalète et 14 de ces arbalètes ont pour l'instant été installées. Un modèle plus perfectionné sera bientôt posé sur les poutres qui surplombent des voies de circulation à l'île des Sœurs ou sur la Rive-Sud.



René Martineau vit à l'île des Sœurs, à quelques centaines de mètres de ce pont qu'il connaît si bien. Lui non plus n'est pas inquiet et il le traverse encore régulièrement. «Il ne faut pas croire qu'il va tomber d'un seul coup», explique-t-il, évoquant l'effondrement subit du viaduc de la Concorde. S'il y a un problème grave, les autres parties encore intactes seront en mesure de sou-

tenir l'ensemble, le temps qu'on évacue. Il reste que «le pont Champlain est comme un patient en phase terminale atteint du cancer», dit Saeed Mirza. Et il sera détruit. En 2022, 60 ans après son inauguration, a prévu Transport Canada.

Malheureusement, déplore M. Mirza, le futur pont sera construit avec les mêmes réflexes que durant les années 1950: «J'appelle ça "conçois, construis et oublie".» La course au plus bas soumissionnaire pourrait en effet avoir des

conséquences coûteuses pour les générations à venir. «Et si on incluait les coûts d'entretien sur 100 ans, dans la facture totale?» demande-t-il. Peut-être qu'on construirait autrement...

Le pont n'a pas fait l'objet d'entretien majeur avant 1986, si ce n'est du pavage. Et le nombre de véhicules qui y circulent quotidiennement a été multiplié par 29 depuis 1962!

on distingue de petits espaces rectangulaires qui permettraient justement d'effectuer la mise en tension. Les espaces ont par la suite été comblés non pas par du béton, mais par un simple coulis de ciment. Avec le temps, l'eau salée a rongé le ciment pour ensuite se frayer un chemin le long des 10 câbles de précontrainte jusqu'au cœur des poutres. «On avait même remarqué des stalactites», raconte M. Carlin. En fait, plusieurs câbles de précontrainte sont carrément rompus. Dans certaines poutres, 9 des 24 câbles sont brisés, selon un rapport de la firme Delcan, déposé en 2011, ce qui est au-delà du seuil de sécurité de 8.

Étonnamment, on utilise encore du sel pour déglacer la chaussée, en hiver. «On n'a pas le choix, explique le directeur général de PJCCI. Il y a tellement de circulation que, si on arrêta d'en utiliser, on aurait un tablier glissant.» Il faut savoir aussi que le pont n'a pas fait l'objet d'entretien majeur avant 1986,



PHOTOS : LES PONTS JACQUES CARTIER ET CHAMPLAIN INCORPORÉE



Une danseuse au pays de la science

Qu'est-ce que le corps? Comment se transforme-t-il? Comment peut-il être modifié, amélioré, transcendé? Ces questions, ce sont les scientifiques qui les posent, en général. Quand une artiste s'attaque à ces problématiques, les réponses sont, on s'en doute, bien différentes.

« Cela paraît étrange pour une chorégraphe, mais j'ai voulu recentrer mon travail sur le corps. J'avais des tas de questions sur l'identité, sur la prolongation du corps dans le futur, sur le don d'organes », explique la chorégraphe et interprète Isabelle Van Grimde. Depuis 2004, elle mène une recherche parallèle à sa démarche de création en rencontrant des penseurs de différentes disciplines. Elle a même été invitée à participer à une conférence interdisciplinaire sur la génétique et les cellules souches, à Banff, en Alberta.

À partir de cette recherche, en collaboration avec une vingtaine d'artistes, elle a créé une œuvre étonnante qui s'articule autour de deux thèmes. Le corps « primal », celui de nos origines, de nos instincts et du système limbique, représenté par les mouvements des danseurs. Et le corps du futur, celui que l'humain transforme et qui se numérise, le cyborg. *Le corps en question (s)*

est une exposition-création où se mêlent la danse, les arts visuels et médiatiques, la musique ainsi que l'écriture. Un architecte a organisé la salle pour faire en sorte que les œuvres se fassent écho par leur disposition.

La comédienne Marie Brassard a, pour l'occasion, fait séquencer son génome et a utilisé ces codes dans l'œuvre. L'artiste visuelle Marilène Oliver, elle, emploie l'imagerie par résonance magnétique. Avec ces images réalisées à partir du corps d'un danseur, elle crée une sculpture multicouches – du squelette à la peau. Deux scientifiques – le docteur Cristian Berco, professeur associé au département d'histoire de l'Université Bishop's, au Québec, et la docteure Dawna Gilchrist, interniste, généticienne et professeure d'histoire de la médecine à l'université de l'Alberta – prennent aussi part à cette performance unique présentée à la Galerie de l'UQÀM, ce mois-ci.

Pour le visiteur-spectateur, deux expériences sont possibles : le mode performance

et le mode exposition. Volet performance, les interprètes sont présents et leur chorégraphie se mêle au reste de l'exposition. « Les performances recèlent le tout. Comme les cellules souches contiennent en quelque sorte l'organisme », explique Isabelle Van Grimde. Dans le mode exposition, des vidéoclips reprennent les performances des danseurs.

Le visiteur entre dans la salle comme dans un univers nouveau. Il s'y promène et fait ses découvertes à son rythme. « Je ne cherche pas à choquer, mais plutôt à provoquer de nouveaux questionnements, de nouvelles façons de voir le corps tout en faisant naître l'émerveillement », insiste Mme Van Grimde. Elle poursuivra ensuite sa recherche auprès des savants afin que la science nourrisse son art et que les questionnements des artistes puissent relancer ceux des chercheurs.

Le corps en question (s), du 22 mai au 16 juin 2012, Galerie de l'UQÀM, dans le cadre du Festival transamériques. www.fta.qc.ca



Dreamcatcher, de l'artiste visuelle Marilène Oliver présentée dans l'exposition d'Isabelle Van Grimde.

MICHAEL SLOBODIAN

AUTRES RENDEZ-VOUS



Du nouveau dans le fjord

Deux nouvelles activités au Musée du Fjord. Une exposition présente la population du Saguenay-Lac-Saint-Jean, avec l'éclairage du célèbre fichier BALSAC qui contient les informations généalogiques numérisées et jumelées des actes d'état civil du Québec. Un spectacle 3D sur l'évolution du fjord, de sa formation à aujourd'hui, présente

des images aériennes, terrestres et sous-marines de toutes les saisons.

Des racines et des rêves et **Voyage au cœur du fjord**, dès juin 2012, Musée du Fjord, La Baie.
www.museedufjord.com

Pas de vacances pour la science

Pour nourrir la curiosité des jeunes pendant l'été, le Club des

Débrouillards offre des camps de jour scientifiques. Les enfants de 5 à 12 ans découvrent le plaisir des sciences avec des thématiques telles que l'entomologie, l'aéronautique, l'électricité, le sport, l'archéologie, etc.

Camps de jour des Débrouillards, 25 juin au 17 août, dans plusieurs villes du Québec.
www.lesdebrouillards.com, section « Activités du Club »



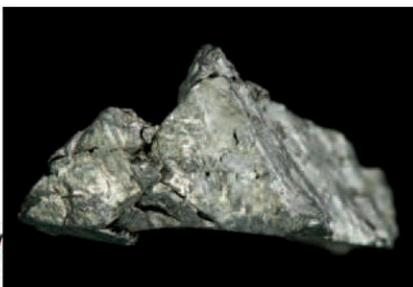
La « bosse » de la musique

Comme certains ont la « bosse des maths », d'autres auraient-ils la « bosse de la musique »? À la lumière des plus récentes études en neurosciences et de cas célèbres ou moins célèbres, notre journaliste tente de comprendre le cerveau musical.



JO : le grand rassemblement

Quel rôle social jouent les grands rassemblements sportifs comme les Jeux olympiques? Entrevue avec une sociologue du sport qui nous livre quelques clés sur la fascination qu'exercent ces événements de masse.



Le Québec, eldorado pour les terres rares?

Méconnues, les « terres rares » sont indispensables au fonctionnement de nos ordinateurs, téléphones et écrans LCD. Ces métaux aux propriétés uniques s'arrachent à prix d'or. Difficiles à extraire et à raffiner, ils sont présents en abondance dans le sol québécois. Cette nouvelle « ruée vers l'or » a déjà débuté.

Des bélugas et des hommes

Après des années de mesures de protection des bélugas, le troupeau du Saint-Laurent ne se porte guère mieux. Comment sauvegarder cette espèce? Cinquante ans après l'incontournable documentaire de Michel Brault et Pierre Perreault *Pour la suite du monde*, qui portait sur la « pêche aux marsouins », *Québec Science* fait le point.



actualité

Je choisis
LE DEVOIR
Libre de penser

Aujourd'hui le futur

Par Joël Leblanc

Souffle énergétique

Un filtre pour respirer dans les métropoles polluées? Non! Plutôt des éoliennes miniatures qui transforment votre souffle en électricité! D'accord, le masque AIRE donne un petit look «Hannibal Lecter» ou «soldat intergalactique», mais sa fonction première est de fournir l'électricité pour recharger les gadgets électroniques de notre quotidien. Les petites turbines incluses dans le masque tournoient à chaque respiration produisant l'électricité qui est acheminée à l'appareil branché à un câble. En dormant, en faisant la vaisselle, en joggant, tant qu'à respirer, aussi bien utiliser le mouvement de l'air comme énergie renouvelable...

www.joaolammoglia.net



L'ère du vélo Bonobo

Il a du style, il est écolo et il roule. Le *Bonobo*, premier vélo doté d'un cadre en contreplaqué courbé et de freins à disques, est la réalisation du jeune designer polonais Stanislaw Ploski. Comme les chaises en contreplaqué, ce cadre en bois naturel procurerait à son utilisateur souplesse et confort. Avec ses 16 kg, la machine n'est certes pas un poids plume hyper performant, mais comme vélo urbain, on ne peut trouver plus classe! L'élégante bicyclette devrait se retrouver bientôt chez les détaillants!

<http://duzosuper.com>

Du soleil dans le réservoir

Le constructeur Honda prend une longueur d'avance dans le dossier des voitures dotées d'une pile à combustible avec ce prototype de station solaire productrice d'hydrogène. L'énergie solaire est convertie en électricité qui, à son tour, scinde les molécules d'eau en hydrogène et en oxygène. Pour le moment, une bonne journée ensoleillée permettrait de produire 1,5 kg d'hydrogène, soit assez de carburant propre pour parcourir 150 km en voiture. Une maison équipée de panneaux solaires sur le toit pourrait donc fournir à ses occupants du carburant pour tous les déplacements courants sans la moindre émission polluante. Bientôt dans nos banlieues?

<http://world.honda.com/FuelCell/SolarHydrogenStation/>



Le futur au poignet

GPS, ordinateur, agenda, lecteur MP3, surveillance des cotes boursières... Les téléphones d'aujourd'hui font plus que nous permettre de communiquer. Mais pour les utiliser, il faut quand même les retrouver dans son sac ou ses poches. Le designer français F. Bertrand a imaginé ce bracelet tactile qui permet de contrôler les applications du téléphone à partir du poignet. Plus besoin de dégainer son appareil! Retrouver son chemin grâce au GPS ou mettre à jour son statut dans les réseaux sociaux seront à la portée des doigts en tout temps! Le bracelet sert aussi de montre et si on achète le maillon optionnel qui détecte les pulsations cardiaques, il se transforme en entraîneur personnel. Le concept s'appelle *Watch the Future...*

<http://f-bertrand.com/WTL/>





L'œil de l'esprit

La neuropsychologue **Isabelle Rouleau** a retrouvé avec bonheur l'univers du docteur Oliver Sacks. Ce vulgarisateur hors de l'ordinaire y révèle comment le cerveau nous « fait voir ».

L'homme qui prenait sa femme pour un chapeau, publié en 1988, avait ravi des milliers de lecteurs. À partir de descriptions détaillées de ses patients, le neurologue Oliver Sacks nous faisait découvrir des aspects étonnants du cerveau humain et de ses pannes. Dans son plus récent ouvrage, il nous convie de nouveau à l'accompagner dans son cabinet de consultation. Pour notre plus grand plaisir.

C'est que le docteur Sacks n'a pas son pareil pour écouter ses malades et rendre compte de leurs particularités. À la manière des médecins du XIX^e et du début du XX^e siècle, il use de son sens aiguisé de l'observation pour comprendre ce qui ne va pas chez ces gens qui souffrent d'affections bizarres du langage, de la mémoire ou du comportement. Dans *L'œil de l'esprit*, le lecteur découvrira comment les perturbations du système visuel peuvent se manifester de manière extrêmement étrange.

On y croise une pianiste professionnelle de 67 ans dont les capacités de lecture de la musique diminuent progressivement. Son excellente mémoire auditive lui permet de compenser ses déficits, du moins pour les pièces déjà apprises. Puis viennent les difficultés à reconnaître les objets, même les plus usuels. Étonnamment, cette patiente

n'a aucun problème pour localiser les objets dans l'espace. Ce cas illustre bien l'existence de deux voies visuelles. La première est nécessaire à la reconnaissance des objets (c'est la voie du « quoi »), la seconde est essentielle à la perception spatiale (c'est la voie du « où »). Chez cette patiente, atteinte d'une atrophie corticale postérieure, c'est la voie de la reconnaissance des objets et de la lecture qui est la plus touchée. L'intégrité de l'autre voie lui permet de compenser ses déficits. Oliver Sacks est habile à caractériser le rôle de chacune des voies pour permettre au lecteur, même néophyte, d'apprécier la complexité – et la beauté – du système visuel.

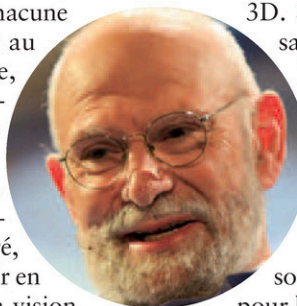
Plus loin, l'auteur raconte l'histoire de Sue, une neurobiologiste qui a récupéré, à 60 ans, la capacité de voir en trois dimensions. Car si la vision tridimensionnelle (ou stéréopsie), qui permet d'apprécier les distances et de guider nos déplacements, est prise pour acquis par tout le monde, il arrive qu'elle soit altérée chez certains individus. Ces derniers sont souvent affligés de strabisme depuis l'enfance, ce qui les empêche de voir en

trois dimensions, puisque cette vision requiert un « travail d'équipe » entre les deux yeux.

Chez Sue, la rééducation a duré des mois. Elle a dû porter des prismes et se soumettre à une multitude d'exercices pour fusionner les images transmises par chacun de ses yeux. Un jour, pourtant, pour la première fois, elle se met à voir en relief. Les choses se détachent du fond. Les robinets, les lustres, le volant et le rétroviseur dans la voiture : elle voit tout en

3D. Sa description de la neige est saisissante. Elle, qui l'avait toujours vue tomber à plat, sur un seul plan vertical, peut maintenant appréhender l'espace entre les gros flocons humides. Elle est au milieu de la neige qui tombe.

Le docteur Sacks lui-même souffre d'un trouble neurologique pour le moins déroutant : la prosopagnosie, ou incapacité à reconnaître les visages. Si certaines personnes sont particulièrement douées – elles peuvent reconnaître des semaines plus tard la serveuse d'un café où elles ne sont allées qu'une fois –, d'autres sont moins performantes, confondant souvent des gens qui



MATIÈRES À LIRE

MAL DE CORPS

Jean Wilkins est le grand-papa que tous les ados (et leurs mamans !) rêvent d'avoir. Il les connaît ; il les aime ; et il les aide. Il y a déjà 35 ans que ce pédiatre réputé a fondé la section de médecine de l'adolescence, au CHU Sainte-Justine, à Montréal. Il y dirige la clinique des troubles de la conduite alimentaire. Empreint d'humanité et de science, façonné par ses 40 années d'expérience auprès d'adolescentes anorexiques, cet ouvrage est un incontournable pour tous ceux qui côtoient des jeunes filles aux prises avec ce grave

problème de santé mentale. Sans le moindre soupçon de paternalisme, le docteur Wilkins explique comment, à force d'écoute, d'humilité et d'empathie, on peut réussir à réparer ces âmes et ces corps blessés. **P.M.**

Adolescentes anorexiques, Plaidoyer pour une approche clinique humaine, Jean Wilkins, Les Presses de l'Université de Montréal, 199 p.

REPRODUCTION EXTRÊME

Dominique Forget l'affirme d'emblée : elle, pour qui l'horloge biologique n'a jamais sonné très fort, est fascinée de voir jusqu'où le désir d'enfant



peut mener. Dans cet essai très complet, sans complaisance aucune, mené et écrit comme un reportage journalistique, notre collaboratrice nous convie à « une aventure scientifique et humaine dans les couloirs infinis, ou tortueux, c'est selon, de la procréation assistée », comme l'écrit son préfacier, le docteur Jean-François Chicoine. Tout ce que vous avez toujours voulu savoir – ou peut-être ne pas savoir ! – sur cette aventure qui peut représenter le plus grand des bonheurs ou tourner au pire des cauchemars. **P.M.**

Bébé à la limite, la procréation assistée... et ses petits, Dominique Forget, Québec Amérique, 245 p.

toile de fond

Par Marine Corniou

se ressemblent. Sacks, lui, est prosopagnosique depuis la naissance. Chez certains patients, la maladie est si grave qu'ils ont de la difficulté à se reconnaître eux-mêmes sur les photos ! Mais les prosopagnosiques ont plus d'un tour dans leur sac. Ils parviennent à utiliser les moindres indices visuels (grain de beauté, coupe de cheveux) ou auditifs pour se sortir d'affaire. Et ils trouvent toutes sortes de trucs pour éviter les situations où ce déficit pourrait avoir des conséquences fâcheuses.

Ceux qui ont aimé *L'homme qui prenait sa femme pour un chapeau* devraient raffoler de *L'œil de l'esprit*. Surtout s'ils ont développé l'envie d'aller encore plus loin. Chaque cas présenté ici est en effet plus fouillé. Les références historiques sont plus nombreuses. Le célèbre neurologue présente les modèles théoriques du fonctionnement cérébral, ainsi que les études récentes en neuroimagerie. Le tout dans un style toujours aussi vif et accrocheur.

✧ Isabelle Rouleau est professeure au département de psychologie de l'Université du Québec à Montréal et chercheuse au CHUM. Neuropsychologue clinicienne depuis plus de 20 ans, elle s'intéresse aux troubles de la mémoire épisodique et sémantique dans certaines pathologies cérébrales, et plus particulièrement aux atteintes observées dans les phases précoces des divers syndromes démentiels.

L'œil de l'esprit, Oliver Sacks, Seuil, traduit par Christian Cler, 288 p.



UNE HISTOIRE EN TOUTES LETTRES



A, B, C, D... On les utilise sans jamais se poser la question. D'où viennent les lettres ? Pourquoi le A a-t-il cette forme ? Dans un petit livre rédigé à l'aide de questions et de réponses courtes, le philosophe français Marc-Alain Ouaknin raconte la fascinante histoire qui se cache derrière les lettres de notre alphabet moderne. Ainsi, on y apprend que, il y a plus de 3 500 ans, les lettres étaient d'abord des dessins représentant des objets, des animaux ou des gestes de la vie quotidienne. Au-delà de leur graphie, l'auteur nous livre aussi toute leur dimension philosophique et symbolique. **M.C.**
L'alphabet expliqué aux enfants, Marc-Alain Ouaknin, Éditions du Seuil, Paris, 2012, 130 p.

Appli

DICO DE POCHE

La réputation du *Multidictionnaire* de Québec Amérique n'est plus à faire. Comprenant plus de 30 000 entrées, 300 exercices avec leurs corrigés et une foule de renseignements sur l'orthographe, la grammaire, la prononciation, les québécoismes et les anglicismes, il débarque désormais dans son intégralité sur iPhone et iPod Touch. Disponible à la boutique App Store, au prix de 16,99 \$.



L'ÂGE D'OR DE MÉTIS

Lorsque la montréalaise Elsie Reford entreprend l'aménagement du jardin de son pavillon de pêche, en 1926, elle ne connaît pas grand-chose à l'horticulture. Elle ne jure que par l'équitation et la pêche au saumon. Mais à la faveur d'une appendicite à l'âge de 54 ans qui la force à rester tranquille, elle se met au jardinage. Avec brio ! En une dizaine d'années, elle réussit l'impossible : créer un jardin luxuriant sous le climat capricieux du Bas-Saint-Laurent, en important des semences rares du bout du monde, comme les azalées et les pavots bleus du Tibet, et en concoctant pour chaque plante un terreau spécial à base de feuilles compostées. Le résultat de sa persévérance : 17 hectares où se côtoient quelque 3 000 espèces ou variétés de plantes indigènes et exotiques. Ouverts au public en 1962, les Jardins de Métis, devenus un lieu historique national, fêtent cette année leur 50^e anniversaire. Pour celles et ceux qui n'auront pas l'occasion de s'y rendre, deux sites Internet offrent la possibilité d'admirer cet éden coloré grâce à des galeries d'images à 360° et plus de 1 000 photos qui permettent de naviguer dans les différentes créations du Festival international des jardins. Créé en l'an 2000, ce festival reconnu mondialement est un forum d'innovation en art des jardins contemporains. Cette année, la 13^e édition débutera le 23 juin et présentera 25 jardins conceptuels réalisés par des architectes paysagistes et des artistes.

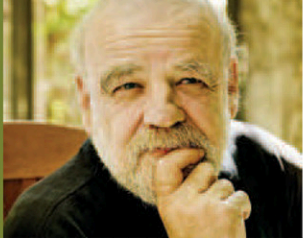
www.JardinsdeMetis.com

www.equiterre.qc.ca/solution/repertoire-manger-local-au-quebec

Blogue

MANGEZ LOCAL!

L'été arrive ! C'est le moment de faire le plein de fruits et légumes, et de consommer local. Pour cela, une seule adresse, celle d'Équiterre qui propose un répertoire en ligne recensant plus de 300 initiatives québécoises afin de s'approvisionner directement auprès des producteurs. Il suffit de repérer sur la carte l'institution, l'épicerie ou le marché public le plus proche de chez soi pour « manger local au Québec », tout en encourageant les circuits de distribution « courts », c'est-à-dire avec moins de transport et moins d'intermédiaires.



La montagne du Diable

Je suis allé à Ferme-Neuve, un petit écart, une sortie de route au nord de Mont-Laurier. Dans l'ancien temps, ce pays laurentien des Oueskarinis, Algonquins de la Petite-Nation – gens du Chevreuil, comme ils disaient – jouxtait le pays des Gens-des-terres, les Algonquins Tête-de-boule de la Haute-Mauricie.

Il y avait là une forêt précieuse comme une tonne d'or, des lacs purs et profonds, des crans de gneiss archaïque, des plages de sable fin, des rivières blanches, des rivières brunes, des animaux sauvages, des collines rondes, des coulées vertes. À partir de l'Outaouais, trois vallées remontaient vers le nord : celle de la Rouge, celle de la Lièvre et celle de la Gatineau. Ces vallées abondaient en pins blancs qui étaient beaux comme les colonnes sacrées d'une cathédrale païenne. Les secrets murmurés des chamanes du lac Chaud nous révélaient qu'aux sources de la Rouge, une montagne tremblait du mouvement des esprits. Il en reste le beau nom de la montagne Tremblante. Aux confins de la Lièvre s'élevait le massif de la montagne du Diable, repaire de Ouindigo, le géant qui chassait les âmes humaines pour se nourrir de leurs péchés. Qui voulait s'y rendre devait passer par le rapide de l'Original, sur la Lièvre, ou encore par Grand-Remous et la petite rivière Baskatong, qui signifie « glace pliée ».

En 1824, les autorités britanniques coloniales cédaient ce trésor forestier à quelques amis, les « Barons du bois ». Sur la Lièvre, c'est James Maclaren qui obtint le droit de sortir les pins plusieurs fois centenaires en les coupant à l'aveugle, sacageant le pays, gaspillant les arbres en grand nombre. En une trentaine d'années, les géants avaient disparu; le paysage avait changé à jamais; la cathédrale était en ruine.

Loin en amont du rapide de l'Original, à la tête de la Lièvre, la Maclaren Company s'affairait à couper les derniers pins et ses bûcherons s'y trouvaient fort isolés. Vers 1860, pour diminuer le coût du ravitaillement de ses camps, la compagnie

construisit une ferme sur place. La ferme de la Montagne allait donner le nom de Ferme-Neuve à la nouvelle communauté de colons – aussi bûcherons et draveurs – qui prit racine en cette belle vallée.

Après le sac des pins blancs, les colons voulurent exploiter des moulins à scie, complément habituel des travaux de la ferme en ce pays de bois debout. Mais le sort des petites gens n'a jamais préoccupé les autorités. Au lieu des moulins et des fermes forestières, le pays devint le domaine exclusif de la Canadian International Paper qui, sous la bénédiction du gouvernement, contra les rêves des colons et entreprit la coupe féroce des résineux pour la pulpe. Ce fut le temps de la « pitoune ». Nos politiciens avaient tout donné à la CIP, y compris le droit de construire un barrage pour produire de l'électricité. Oui, l'appétit des grandes compagnies était sans limites ! On voulait que les bûcherons bûchent, non pas qu'ils s'enrichissent en vendant eux-mêmes du bois. La petite rivière Baskatong devint le réservoir que l'on connaît. Ennoisement catastrophique, désastre oublié. Rapide-de-

l'Original devint Mont-Laurier; la montagne du Diable fut renommée le mont Sir-Wilfrid, et ainsi de suite, ce qui vous déflore un grand pays et vous décourage une toponymie. Que venait faire Laurier, ce fossoyeur de rêves, dans ce pays des grands Esprits?

J'étais déjà allé à Ferme-Neuve, en 1966, alors que je poussais ma coccinelle dans les chemins de bois les plus reculés. Je n'avais pas alors rencontré d'Algonquins sur ma route. Je me butai plutôt aux gens de la Compagnie. Les employés de la CIP m'avaient littéralement chassé du territoire. Panneaux à l'appui, on me fit comprendre que je circulais dans un domaine privé. Comme dans « habitant privé de son bois ».

En 1900, Ferme-Neuve faisait partie d'un grand Plan Nord, un projet qui devait assurer la richesse des Canadiens français. Que sont ces vieux rêves devenus? Il est fort possible que le nom même de Ferme-Neuve ne vous dise rien. Mais voilà, ce pays que nous voulons tellement bâtir, saurons-nous un jour simplement le dire?



« Aux confins de la Lièvre s'élevait le massif de la montagne du Diable, repaire de Ouindigo, le géant qui chassait les âmes humaines pour se nourrir de leurs péchés. »

LES AMIS DE LA MONTAGNE DU DIABLE

GESTION FÉRIQUE EST HONORÉE QUE DEUX DE SES FONDS FIGURENT AU SOMMET DU CLASSEMENT DES PRESTIGIEUX PRIX LIPPER.



FÉRIQUE ACTIONS

Meilleur fonds d'actions
canadiennes sur 5 ans.



FÉRIQUE OBLIGATIONS

Meilleur fonds de revenu fixe
canadien sur 1 an.



Les Fonds FÉRIQUE: il y a un peu de génie là-dedans.



1-800-291-0337 | www.ferique.com/video

Note: Un placement dans un organisme de placement collectif peut donner lieu à des frais de gestion et d'autres frais. Les ratios de frais de gestion varient d'une année à l'autre. Veuillez lire le prospectus avant d'effectuer un placement. Les organismes de placement collectif ne sont pas garantis, leur valeur fluctue souvent et leur rendement passé n'est pas indicatif de leur rendement futur. Les Prix Lipper 2012 sont décernés aux fonds offrant les meilleurs rendements ajustés au risque pour les périodes se terminant le 31 octobre 2011. Bien que Lipper déploie tous les efforts possibles pour s'assurer de l'exactitude et de la fiabilité des données contenues aux présentes, elle ne peut en garantir l'exactitude. Les utilisateurs reconnaissent qu'ils ne se sont pas fiés à toute garantie, condition ou déclaration faite par Lipper. Toute utilisation des données à des fins d'analyse, de gestion ou de négociation d'instruments financiers est au propre risque de l'utilisateur. Il ne s'agit pas d'une offre d'achat ou de vente de titres. Certains fonds peuvent être exclus de la présélection de Lipper Research. Lipper inc. est une société de Thomson Reuters.



Vainqueur en sciences

Maxime Robert, Kinanthropologie

Les sciences s'appliquent à l'UQAM

À l'aide de caméras à infrarouge, Maxime Robert peut modéliser en 3-D et ainsi étudier les mouvements des enfants atteints de paralysie cérébrale pendant qu'ils jouent avec une console de jeux vidéo. Un pas important dans la lutte contre ce trouble neuromusculaire.



Découvrez la suite sur

sciences.uqam.ca/vainqueur