

COMMENT LE CINÉMA VA SE PASSER DES ACTEURS

QUÉBEC SCIENCE

DÉCEMBRE 2018



LE RÊVE UNE FENÊTRE SUR LA CONSCIENCE

La famille,
source
de GES ?

Les savoirs
autochtones
démystifiés

Le sexisme
des assistants
vocaux

DÉCEMBRE 2018

1 2

7 PP 066387



7 8313 04797 4

MESSAGERIES DYNAMIQUES 10682

\$6.95

DÔME
360°



PLANÈTE



LA QUÊTE EST LANCÉE

PLANÉTARIUM RIO TINTO ALCAN

DÈS LE 2 NOVEMBRE

ADLER
PLANETARIUM



espacepourlavie.ca

Montréal 



espace
pour la
vie montréal

SOMMAIRE



36

Une faible partie de la population a déjà réussi à contrôler un rêve. En faites-vous partie?

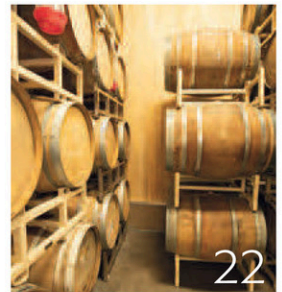
EN COUVERTURE

Le rêve, une fenêtre sur la conscience

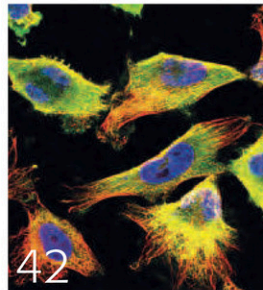
Qu'ils soient doux ou angoissants, nos rêves en disent long sur notre matière grise. Et ils pourraient même aider les scientifiques à comprendre d'où et comment émerge la conscience.



15



22



42



28

SUR LE VIF

6 VOYAGE AU CŒUR DU SON

Dans la chambre anéchoïque de l'IRCAM, à Paris, les acousticiens étudient la musique dans toute sa finesse.

8 NEUTRINOS : LA CHASSE RELANÇÉE

De nouveaux détecteurs au Fermilab, aux États-Unis, pourraient faire la lumière sur les neutrinos.

10 DE MEILLEURS CASQUES DE SKI

Une simulation numérique précise les chocs à la tête qui guettent les skieurs.

11 SIRI, MIROIR DE NOS BIAIS

La féminisation des assistants vocaux perpétue des valeurs rétrogrades.

12 LE PROBLÈME AVEC LA SCIENCE DANS L'ARCTIQUE

Le représentant des Inuits du Canada, Natan Obed, dénonce les faiblesses de la recherche nordique.

35 DÉCHETS DES UNS, TRÉSORS DES AUTRES

Des entreprises s'unissent pour allonger le cycle de vie de leurs ressources.

REPORTAGES

15 Le savoir autochtone peut-il protéger l'environnement?

Les «savoirs traditionnels» suscitent la méfiance, puisqu'ils ne sont pas validés scientifiquement. Des Autochtones expliquent leur nature et leur pertinence pour la protection du territoire.

22 Une bière qui prend l'air

Des Québécois se lancent dans l'aventure des bières de fermentation spontanée.

28 Quand le cinéma se passera des acteurs

Au cinéma, les effets spéciaux s'attaquent au dernier élément qui leur échappait: les acteurs.

42 Les scientifiques du dimanche

Mettre le grand public à profit pour faire avancer la science? C'est ce que font des projets participatifs, qui se multiplient. Pour le meilleur ou pour le pire?

CHERCHEUSE EN VEDETTE

46 ÉCHEC AU PHOSPHORE

Dominique Claveau-Mallet a mis au point une techno qui vient à bout du phosphore responsable des cyanobactéries.



À L'INTÉRIEUR

IL VA Y AVOIR DU SPORT!

Un supplément réalisé en collaboration avec le réseau de l'Université du Québec.



4 **Éditorial** Par Marie Lambert-Chan | 5 **Mots croisés** | 9 **Polémique** Par Jean-François Cliche

11 **Technopop** Par Chloé Freslon | 48 **Culture** Par Émilie Folie-Boivin | 50 **Rétrovisseur** Par Saturnome



MARIE LAMBERT-CHAN [@MLambertChan](#)

Éditorial

#MoiAussi au labo

Les dénonciations comme celles qui ont fait tomber Harvey Weinstein sont pratiquement inexistantes en sciences. Pourquoi?

En septembre, le glacier Marchant, situé en Antarctique, a été discrètement rebaptisé. On l'appelle désormais Matataua. C'est que le nom initial traîne une odeur de scandale : une enquête de l'Université de Boston a révélé que le renommé géologue David Marchant a traité de façon abusive une étudiante, Jane Willenbring, au cours d'une expédition scientifique dans cette région du globe en 1999. Il l'insultait, lui lançait des roches quand elle urinait dans la nature et l'invitait à coucher avec son frère, qui était aussi du voyage. Il avait 37 ans ; elle en avait 22. Il dirigeait sa thèse et était déjà reconnu comme une sommité ; elle était sans ressources, dans l'endroit le plus isolé de la planète.

L'histoire s'est déroulée bien avant la déferlante du mouvement #MoiAussi, mais elle montre que

Ces atermoiements et ces moments de lâcheté conduisent nombre de femmes à renoncer à une carrière en sciences.

le milieu de la recherche n'est pas imperméable à l'inconduite sexuelle. Au contraire, celle-ci y serait endémique : dans le réseau universitaire québécois, plus du tiers des étudiants ont vécu une forme de violence sexuelle, surtout des femmes, ainsi que des membres des minorités sexuelles et de genre, selon l'enquête *Sexualité, sécurité et interactions en milieu universitaire*, dévoilée en 2017. Dans le tiers des cas, l'agresseur était en position d'autorité.

Aux États-Unis, un rapport des National Academies of Science, Engineering, and Medicine révélait récemment que 20% des étudiantes en sciences à l'Université du Texas ont été harcelées sexuellement par un professeur ou par un membre du personnel.

Malgré tout, les dénonciations sont exceptionnelles en sciences. Les femmes avisent plutôt leurs collègues féminines des prédateurs qui hantent les départements. Sur les réseaux sociaux circulent des récits suivis de mots-clics comme #MeTooSTEM, #ScienceToo et #astroSH (qui fait référence au harcèlement sexuel en astronomie).

Qu'est-ce qui explique cette culture du silence ?

Le manque de courage des universités, qui veulent préserver leur réputation ; le traitement des plaintes, où le fardeau de la preuve incombe toujours aux victimes ; et l'absence de réelles sanctions. C'est d'ailleurs ce que dénonçait une campagne anonyme qui a secoué l'Université du Québec à Montréal à la fin octobre.

Des torts que souhaite redresser la nouvelle Loi visant à prévenir et à combattre les violences à caractère sexuel dans les établissements d'enseignement supérieur, adoptée par l'Assemblée nationale du Québec il y a un an. Il s'agit d'un pas dans la bonne direction. Mais des lacunes demeurent, entre autres la confidentialité des dossiers disciplinaires préservée par les lois sur la protection des renseignements personnels. Les victimes ne peuvent connaître l'issue des enquêtes et encore moins les sanctions appliquées.

Quand bien même ces punitions seraient connues, elles auraient de quoi décevoir : avis écrit, suspension temporaire, interdiction de superviser des étudiantes. Les renvois sont toujours rarissimes.

Des voix s'élèvent pour exiger des universités qu'elles considèrent les violences sexuelles comme une forme d'inconduite en recherche. Elles devraient être ainsi réprimandées au même titre que le plagiat et la fabrication de données. Le problème, c'est que les universités ferment également les yeux sur ces méfaits, surtout lorsqu'ils sont commis par des scientifiques connus.

Dans ce cas, vaut-il mieux s'attaquer aux subventions, le nerf de la guerre ? C'est la tactique des fondations Wellcome Trust et Cancer Research UK, dont les nouvelles règles sont claires : appliquez une politique de tolérance zéro à l'égard du harcèlement ou perdez votre financement.

Après des décennies d'immobilisme, il y a urgence d'agir. Ces atermoiements et ces moments de lâcheté conduisent nombre de femmes à renoncer à une carrière en sciences, un domaine qui manque cruellement d'effectifs féminins. Quant à celles qui persistent, elles sont consumées par la peur de représailles. Jane Willenbring a attendu d'avoir un poste de professeure associée à l'Institut d'océanographie Scripps avant d'accuser David Marchant, confiait-elle à *Science*. «Je crois que je ne serais pas où je suis aujourd'hui si j'avais dit quelque chose [à l'époque].» **05**

Mots croisés

DÉCEMBRE 2018
VOLUME 57, NUMÉRO 4

Rédactrice en chef

Marie Lambert-Chan

Journalistes

Marine Corniou, Mélissa Guillemette

Journaliste Web et médias sociaux

Annie Labrecque

Collaborateurs

Maxime Bilodeau, Jean-François Cliche, Émilie Folie-Boivin, Chloé Freslon, Joël Leblanc, Martine Letarte, Alexis Riopel, Saturnome

Correctrice-révisure

Sophie Cazanave

Directeur artistique

François Émond

Photographes/illustrateurs

Jean-François Hamelin,
Nicole-Aline Legault, IDHP Matane,
Dushan Milic, Vigg

Éditrice

Suzanne Lareau

Coordonnatrice des opérations

Michèle Daoust

Comptabilité

Mimi Bensaïd

Chargée de projets, communications

marketing Sophie Desbiens

Attachée de presse

Stéphanie Couillard

Vice-présidente marketing et service

à la clientèle Josée Monette

Publicité

Claudine Mailloux 450 929-1921
514 909-4601 cmailloux@velo.qc.ca
Chantal Verdon 418 559-2162
514 521-8356, poste 402
cverdon@velo.qc.ca

Impression Transcontinental Interweb
Distribution Messageries Dynamiques
Parution: 15 novembre 2018 (550^e numéro)

Abonnement Canada, 1 an: 36 \$ + taxes
États-Unis, 1 an: 72 \$ / Outre-mer, 1 an: 112 \$
514 521-8356, poste 504 ou
1 800 567-8356, poste 504
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 2018 - La Revue Québec
Science. Tous droits de reproduction, de
traduction et d'adaptation réservés.

Indexé dans repère

Québec Science reçoit l'aide financière du
ministère de l'Économie, de la Science et de
l'Innovation du Québec. Nous reconnaissons
l'appui financier du gouvernement du Canada.



Le magazine
Québec Science
est imprimé sur
du papier certifié
FSC® (Forest
Stewardship
Council®), donc
issu de forêts
bien gérées et
d'autres sources
responsables.



OÙ ACHETER UN CELLULAIRE D'OCCASION?

J'ai lu avec grand intérêt votre reportage sur les déchets électroniques.

Les passages concernant l'achat de téléphones recyclés et remis à neuf ont particulièrement retenu mon attention. Comme, en bonne dinosaure que je suis, je n'ai pas encore de téléphone cellulaire, j'étais contente de savoir que je pourrais me procurer un téléphone d'occasion et ainsi apporter ma (petite) contribution à l'humanité. Or, en visitant le site Web de GEEP, j'ai constaté que l'entreprise ne vend pas de tels téléphones [...]

Votre article porte donc à confusion, et il serait peut-être utile de publier un erratum dans un prochain numéro. Et si vous avez l'adresse d'une compagnie qui vend vraiment des appareils remis à neuf, je suis preneuse! — Myriam Pineau

Réponse de notre journaliste: *En effet, GEEP revend surtout en lots les cellulaires récupérés, car la qualité des appareils reçus n'est pas toujours suffisante pour la vente au détail. De plus, de nombreux appareils sont encore « verrouillés », bien que le Conseil de la radiodiffusion et des télécommunications canadiennes oblige les fournisseurs à les déverrouiller depuis 2017. GEEP vend parfois des téléphones portables en magasin, selon la disponibilité.*

Autrement, on peut se procurer des téléphones d'occasion

sur les plateformes de vente en ligne, telle Kijiji. C'est une option importante mentionnée par plusieurs intervenants interrogés pour ce dossier.

Mélissa Guillemette

UNE PLANÈTE FATIGUÉE

Depuis plus de 40 ans, je suis impliqué dans la sauvegarde de l'environnement. [...] En lisant la conclusion de l'article sur les déchets électroniques, je me rends compte que nous sommes très mal engagés dans ce « développement durable » tant souhaité. Pendant qu'on s'occupe de puérité enfumée, nos matières premières se volatilisent, la planète est tannée comme dirait l'autre, usée, polluée. Tant que l'industrie dictera ses lois, nous n'arriverons pas à éviter le pire. Il est temps que nos dirigeants à tous les niveaux entendent nos voix.

J'adore votre revue. Elle est assurément essentielle à notre vie démocratique. Et bravo pour l'éditorial de Marie Lambert-Chan.

— Marc Fortin

DU MOUVEMENT À QUÉBEC SCIENCE

Au cours des 18 dernières années, notre directeur artistique **François Émond** a monté de toutes pièces 171 numéros de Québec Science. C'est plus de 21 000 pages qui, mises bout à bout, s'étirent sur 2,5 kilomètres. Un boulot colossal qu'il a accompli avec une créativité sans cesse renouvelée.

L'aventure se termine toutefois ici, car François désire entreprendre un nouveau chapitre de sa vie. Il lègue à Québec Science un héritage visuel important. Pour lui, le magazine est un objet vivant qui doit exhaler une certaine magie, indiquant au lecteur qu'il ne s'ennuiera jamais. François a su insuffler un côté ludique et esthétique à la science en faisant appel au talent des photographes et des illustrateurs d'ici – des artistes avec lesquels il était fier de collaborer.

Innovateur, débrouillard et ouvert d'esprit, François est un collègue formidable, qui encourage la critique de son travail, toujours à la recherche de la meilleure idée. Il nous manquera beaucoup. Bon vent, François!

///

Le philosophe **Normand Baillargeon** a signé sa toute dernière chronique dans le numéro d'octobre-novembre 2018. Depuis trois ans, il éclairait les lecteurs sur de grands enjeux éthiques de la science. Vous pouvez relire toutes ses chroniques sur notre site, dans la section « Opinion ». Merci, Normand!

///

Nous accueillons une nouvelle chroniqueuse techno, **Chloé Freslon**. Travaillant dans le domaine du Web depuis 10 ans, elle écrit notamment pour le journal *Métro* et produit le balado *URElles*, qui porte sur les femmes dans l'univers des technologies. 03

Abonnez-vous
[www.quebecscience.qc.ca/
abonnez-vous](http://www.quebecscience.qc.ca/abonnez-vous)

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

Un changement d'adresse:
changementqs@velo.qc.ca

Écrivez-nous
courrier@quebecscience.qc.ca
Magazine Québec Science
1251, rue Rachel Est
Montréal (QC) H2J 2J9

Suivez-nous
www.quebecscience.qc.ca



Le cabinet **des curiosités**



2



3



Voyage au cœur du son

Dans la chambre anéchoïque de l'IRCAM, à Paris, les acousticiens étudient la musique dans toute sa finesse.

Par Alexis Riopel

Quand nous entrons dans la chambre sourde de l'Institut de recherche et de coordination acoustique/musique (IRCAM), Olivier Warusfel remue lèvres et mâchoire, mais aucun son ne sort de sa bouche. Cette pièce annihile-t-elle vraiment tous les sons ?

Après une seconde, je réalise que le chercheur plaisante : les voix portent dans cette pièce, mais il n'y a tout simplement aucun écho. « Ce qui ressemblerait le plus à la chambre anéchoïque dans la nature, ce serait de marcher en raquettes dans une neige poudreuse épaisse qui étouffe le bruit du vent », indique-t-il.

Bien loin d'un sentier de neige, nous sommes à Paris, sous les pavés de la place Igor-Stravinsky, où se cache l'IRCAM. La pièce maîtresse de ce centre de recherche est sa chambre anéchoïque, logée dans deux boîtes en béton imbriquées l'une dans l'autre. Sur les murs, des structures pointues en laine de verre réduisent le bruit ambiant à moins de 20 décibels. « Ici, on peut mesurer l'acoustique d'un objet isolé, souligne l'acousticien. C'est comme si l'on était en absence de lieu. »

Ainsi, les chercheurs peuvent enregistrer avec une précision extrême la propagation dans l'espace des ondes sonores pour chacune des fréquences d'un violon, d'une guitare, d'un cuivre, d'une percussion ou même d'un chanteur. Grâce à ces « champs de rayonnement », ils synthétisent ensuite le son de l'instrument avec une grande fidélité, ce qui fait la joie des musiciens électroniques.

Les champs de rayonnement ont le pouvoir de faire revivre numériquement des instruments du passé, comme le cornu, un cor de la Rome antique. « À partir de quelques fragments recueillis à Pompéi, et avec quelques gravures, nous l'avons virtuellement ressuscité, raconte le chercheur Thomas Hélie. On peut maintenant

jouer du cornu sur ordinateur – on entend même ses défauts ! »


LE CASQUE D'ÉCOUTE DU FUTUR

Olivier Warusfel utilise plutôt la chambre anéchoïque pour reconstituer la richesse acoustique dans les enregistrements musicaux. Quiconque écoute un violon en concert arrive à percevoir que l'instrument projette sa musique dans toutes les directions, explique-t-il.

Non seulement nos oreilles décomposent le son latéralement, mais notre cerveau distingue un son venant de l'avant d'un son venant de l'arrière grâce à l'« ombre acoustique » de notre corps. En effet, notre nez, notre bouche et nos cheveux perturbent les ondes sonores qui arrivent à nous, et notre cerveau apprend à reconnaître cette ombre acoustique qui nous est propre pour situer l'origine d'un son. Toutefois, on perd cette capacité à l'écoute d'un enregistrement avec un casque.

Afin de créer une expérience d'écoute réellement immersive, Olivier Warusfel et ses collègues plongent des cobayes dans la chambre anéchoïque, installent des micros au creux de leurs oreilles et dirigent des sons vers eux depuis tous les angles. Cela leur permet de comprendre comment la forme du visage de chaque cobaye fait ombre au son.

Les chercheurs peuvent ensuite concevoir un filtre sonore sur mesure pour chacun des participants et l'appliquer à des enregistrements musicaux afin d'en restaurer la tridimensionnalité. Quand la personne écoute cette musique trafiquée à l'aide de petits écouteurs ordinaires, elle se croit au cœur de l'orchestre.

Toutefois, la mesure de l'ombre acoustique dans la chambre anéchoïque prend beaucoup de temps. À long terme, Olivier Warusfel espère mettre au point une technique qui offrira cette expérience d'écoute exceptionnelle au grand public. « Ce serait un bond énorme par rapport à ce qui existe aujourd'hui, mentionne-t-il. Actuellement, quand vous écoutez le son d'un violon, d'une flûte ou d'un trombone avec un casque classique, vous écrasez toute la richesse de la musique. » 



PHOTOS : PHILIPPEBARBOSA.COM

1 Vue sur la chambre anéchoïque. Les instruments étudiés y sont disposés en plein centre. **2** L'entrée de l'un des huit studios de l'Institut. **3** La partie émergée du sol de l'IRCAM, dans le 4^e arrondissement de Paris. **4** Un studio d'enregistrement. Toutes les chambres sont désolidarisées de la structure du bâtiment pour éviter les vibrations causées par le métro, qui passe tout près.

Neutrinos : la chasse relancée

La mise en service d'immenses détecteurs au Fermilab, aux États-Unis, pourrait prochainement faire la lumière sur des particules aussi bizarres que prometteuses : les neutrinos.

Par Marine Corniou



Le détecteur ICARUS, en arrière-plan, a été installé au Fermilab.

C'est un destin inhabituel pour un détecteur de particules : après avoir fonctionné en Italie de 2010 à 2014, ICARUS, un monstre de 18 m de long, a déménagé au CERN, en Suisse, pour y être modernisé ; puis il a traversé l'Atlantique à l'été 2017 pour prendre ses quartiers au Fermilab, à côté de Chicago. Dès janvier 2019, il enregistrera des données provenant d'un faisceau de neutrinos dans le but de repousser les frontières de la physique. Rien de moins !

Si les physiciens arrivent à les générer grâce à des accélérateurs de particules, dans la « nature », les neutrinos sont

produits essentiellement lors de réactions nucléaires, dans les centrales sur terre, mais surtout au cœur des étoiles, comme notre Soleil. Le problème, c'est que ces particules sont incroyablement discrètes. Chaque seconde, des centaines de milliards d'entre elles nous traversent à une vitesse proche de celle de la lumière, pratiquement sans interagir avec la matière. Bien que furtifs, certains de ces fantômes peuvent être interceptés par d'immenses détecteurs, construits sous terre à l'abri des rayons cosmiques.

Avec l'arrivée du géant ICARUS dans ses installations souterraines, le Fermilab intensifie sa traque entamée depuis plusieurs années. Le détecteur rempli

de 760 t d'argon liquide fera ainsi équipe avec deux autres détecteurs dernier cri, MicroBooNE (en fonction depuis 2015) et SBND (dès 2020), au sein d'un programme international regroupant 250 chercheurs. Au final, ces trois détecteurs vont se déployer le long d'un faisceau de neutrinos à des distances stratégiques, soit à 600 m, 470 m et 110 m de la source respectivement. Ils tâcheront de voir comment les neutrinos se comportent sur de courtes distances et de détecter, peut-être, une nouvelle particule, le neutrino stérile.

On connaît à ce jour trois types de neutrinos : les neutrinos électroniques, muoniques et tauiques, selon la particule à laquelle ils sont associés. Véritables caméléons, ils peuvent changer spontanément d'identité, passant d'un type à l'autre en cours de route. « Ces "oscillations" ne surviennent que sur de grandes distances [NDLR : plusieurs dizaines de kilomètres], dit Roxanne Guénette, professeure à l'Université Harvard, engagée dans l'expérience MicroBooNE. Or, des expériences conduites dans les années 1990 ont mis au jour des anomalies sur de courtes distances qui pourraient être expliquées par une quatrième sorte de neutrinos. » Le fameux neutrino stérile.

L'intérêt pour ce petit nouveau a été ravivé en juin 2018, à la suite du dévoilement de résultats issus du Fermilab qui confirmaient ces anomalies à l'aide d'un détecteur en fonction depuis 16 ans, MiniBooNE, encore utile malgré son âge. Alors qu'ils étudiaient la transformation de neutrinos muoniques en neutrinos électroniques, les chercheurs ont mesuré

un excès de neutrinos électroniques par rapport à ce que prédit la théorie. Leur hypothèse? Les neutrinos stériles viendraient peut-être mettre leur grain de sel dans les oscillations et semer la pagaille dans les équations!

«Jusqu'ici, ces résultats n'étaient pas très significatifs, tempère Roxanne Guénette. Mais le fait qu'on trouve ces anomalies dans plusieurs expériences est intrigant.» Comme son nom l'indique, le neutrino stérile n'interagirait aucunement avec la matière. Et puisqu'il n'est pas annoncé par la théorie du «modèle standard», qui est censée décrire tout le bestiaire des particules, il viendrait mettre un sacré coup de pied dans la fourmilière!

«Le Saint-Graal en physique, c'est justement de découvrir quelque chose qui ne marche pas dans la théorie. Les neutrinos stériles seraient une preuve indéniable qu'il y a une nouvelle physique au-delà du modèle standard», s'enthousiasme la chercheuse. Cette faille, les physiciens en ont désespérément besoin pour expliquer l'inexplicable, notamment la composition de la matière noire et de l'énergie noire, dont on ne sait rien et qui constituent pourtant 95% de l'Univers!

Le neutrino stérile serait-il la réponse? Pour le savoir, le Fermilab met les bouchées doubles. En plus du programme d'étude des neutrinos sur de courtes distances, le laboratoire prépare un projet «longue distance», appelé DUNE (Deep Underground Neutrino Experiment). «Ce sera le faisceau de neutrinos le plus puissant jamais construit. Il traversera 1 300 km sous terre pour venir frapper quatre gigantesques détecteurs situés dans une mine du Dakota du Sud», indique Roxanne Guénette.

Opérationnel en 2026, DUNE mesurera certaines propriétés des neutrinos, notamment l'«ordre des masses» (on ne sait toujours pas lequel des trois types est le plus lourd). «On essaiera aussi de voir si les antineutrinos se comportent différemment des neutrinos. Si c'est le cas, cela pourrait nous apprendre pourquoi l'antimatière a disparu de l'Univers actuel, ajoute-t-elle. C'est excitant, car, chaque fois qu'on a fait des expériences sur les neutrinos, on a eu de grosses surprises!» Après des décennies sous le radar, les neutrinos font une entrée fracassante sous les projecteurs. 05

JEAN-FRANÇOIS CLICHE @clifj

Polémique



La famille, source de GES ?

L'empreinte carbone de chaque Québécois se chiffre à 9,3 tonnes (t). Quels gestes concrets peut-on poser pour la réduire? Voilà une question qui en taraude plus d'un. Pour orienter ces réflexions, une étude parue dans *Environmental Research Letters* a épluché une série d'analyses sur le cycle de vie en 2017 afin de désigner les actions individuelles les plus efficaces. Les résultats sont à la fois intéressants et éclairants, mais disons qu'une partie d'entre eux n'a pas fini de faire jaser. Voyons voir...

Acheter une voiture hybride au lieu d'une auto à essence? Pas mal, mais pas miraculeux non plus: dans les pays industrialisés, cela fait une différence annuelle d'environ 0,5 t de dioxyde de carbone (CO₂), le principal des gaz à effet de serre (GES), responsables du réchauffement planétaire.

Devenir végétarien est déjà un peu plus efficace: 0,8 t de CO₂ en moins par année et par personne. Mais faire une croix sur un vol transatlantique annuellement est deux fois mieux: 1,6 t. Vivre sans auto? 2,4 t. C'est bien, mais rien pour décrocher la tête du palmarès.

Selon les calculs des auteurs de l'étude, Seth Wynes et Kimberly A. Nicholas, de l'Université de Lund (Suède), un geste surclasse tous les autres:

avoir un enfant de moins. Cela représenterait une économie moyenne de 58,6 t de CO₂ par année. Plus que tous les autres gestes réunis!

Comment les auteurs parviennent-ils à cette conclusion? Ils ont attribué à chaque parent la moitié des émissions de GES à venir de leurs enfants, puis le quart des émissions futures des petits-enfants, et ainsi de suite. Wynes et Nicholas expliquent que cela permet d'utiliser «l'approche par cycle de vie la plus complète possible».

Le principe se défend: une famille de cinq consomme plus qu'une famille de quatre, et une descendance de 50 personnes émet plus de GES qu'une descendance de 40. Mais cette manière de comptabiliser les gaz à effet de serre souffre de plusieurs problèmes, ont fait remarquer deux autres chercheurs dans une réplique publiée en mars 2018 dans la même revue. Si l'on met les émissions des enfants sur l'ardoise des parents, cela signifie que les enfants ne sont responsables d'aucun GES puisque, autrement, on se trouve à compter le même bilan deux fois — d'abord pour les parents, puis pour les enfants.

Certes, reconnaissent les auteurs de la réplique, Philippe van Bassehuysen (de la London School of Economics) et Eric Brandstedt (de l'Université de Lund lui aussi), le fait d'avoir des enfants met en branle une série d'évène-

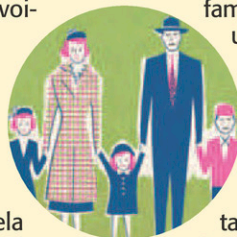
ments qui auront, en fin de compte, une empreinte carbone. Mais la responsabilité de ces émissions relève de choix individuels (prendre l'avion ou non par exemple) qui ne sont pas ceux des parents.

Posons le problème autrement. Ma conjointe et moi avons quatre enfants, ce qui porte nos émissions à 55,8 t de CO₂ annuellement (6 × 9,3). Nous en aurions fort probablement eu un cinquième si la raison (à moins que ce n'ait été l'instinct de survie) n'avait pas fini par me faire dire non. Selon la comptabilité de Wynes et Nicholas, cette décision a permis d'éviter la production de 58,6 t de dioxyde de carbone par an. En les soustrayant de notre bilan familial, nous devenons un foyer «zéro émission»!

Bien sûr, on pourra me répondre que chacun de mes enfants «vaut» 58,6 t de CO₂ par année, et que ma famille a donc une lourde empreinte carbone malgré tout. Soit. Mais il n'y a pas de raison pour que la comptabilité commence à ma génération: après tout, ce n'est pas de ma faute si mes parents et mes beaux-parents ont décidé d'avoir des enfants, non?

Toute légitime soit l'intention de départ, il me semble que cette manière de comptabiliser les émissions de GES mène à trop d'absurdités pour être vraiment utile.

Mais peut-être est-ce parce que je suis en conflit d'intérêts, et quatre fois plutôt qu'une, sur cette question... 05



De meilleurs casques de ski grâce à la simulation

On attend d'un casque qu'il nous protège la tête en tout temps. Mais les normes sont conçues pour un type de choc précis.

Par Mélissa Guillemette



rien à voir avec le type de chute qui sert à certifier les casques. « Les normes ont été créées pour les pires cas ; le casque est donc super pour sauver des vies, mais pas pour éviter les commotions », affirme Nicolas Bailly.

Pour arriver à cette conclusion, qui commande une révision des standards de fabrication des casques, il n'était pas question d'étudier de vraies collisions, compte tenu de leur nature imprévisible, ni d'utiliser des simulations à l'aide de mannequins, extrêmement coûteuses. Le chercheur a donc recouru à un modèle mis au point pour les collisions entre piétons et automobilistes, non sans l'adapter. Il a évidemment ajouté des planches à neige, des skis et des bâtons à ses sportifs virtuels, ainsi que toutes les contraintes liées à ces sports, comme les mouvements impossibles en raison du port de bottes rigides et l'ajustement des fixations. En outre, il a fait des tests pour différentes morphologies, diverses vitesses de croisière, deux types de neige et des distances variées par rapport à un obstacle. De toutes ces possibilités croisées ont émergé 1 149 vidéos où l'on voit inévitablement des bonshommes animés se casser la margoulette. Du Jackass en puissance !

L'étude a été réalisée alors que Nicolas Bailly était au doctorat au Laboratoire de biomécanique appliquée (IFSTTAR/Aix-Marseille Université), en France, mais ses travaux sur le sujet se poursuivent ici. Dans le cadre de son postdoctorat à l'École de technologie supérieure et à l'Hôpital du Sacré-Coeur de Montréal, il modélise l'effet d'un choc – accident de ski ou autre – sur la colonne vertébrale et la moelle épinière. Il espère améliorer la compréhension des blessures en vue de leur traitement. ¹⁵

Un casque de ski doit protéger une tête qui percute, à grande vitesse, un obstacle métallique, selon les normes de l'industrie.

Qu'arrive-t-il quand une tête s'enfonce plutôt dans un banc de neige au ralenti ou heurte un autre skieur ?

Voilà la question que se sont posée Nicolas Bailly, un jeune chercheur formé en génie mécanique, et certains de ses collègues. Il s'agit d'un sujet qui passionne l'ingénieur depuis très longtemps. « J'ai grandi dans une petite station des Alpes, dit ce Français d'origine installé au Québec pour son postdoctorat. J'ai fait beaucoup de compétitions de ski... et je me suis beaucoup blessé aussi ! »

Pour mener son étude, publiée récemment dans la revue *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Nicolas Bailly a reproduit virtuellement les cinq accidents

les plus fréquents associés à des traumatismes craniocérébraux (ou TCC, un terme qui comprend différentes blessures, de la commotion cérébrale à la fracture du crâne jusqu'au coma profond), selon un coup de sonde réalisé auprès de l'infirmier de 15 stations de ski françaises. Soulignons que ses travaux ont été en partie financés par le manufacturier Salomon, qui conçoit des casques et voulait obtenir plus de données afin d'améliorer ces produits.

Le constat de l'étude est troublant : la plupart des chutes recensées n'ont

Les 5 accidents les plus fréquents sur les pentes

- Chute d'un skieur vers l'avant
- Chute d'un skieur sur le côté
- Chute vers l'arrière d'un planchiste
- Collision entre deux skieurs
- Collision avec un obstacle*

72 % des TCC

13 % des TCC

*Ce type de collision est utilisé pour tester les casques.

Siri, miroir de nos biais

La féminisation des assistants vocaux perpétue des valeurs rétrogrades.

« – Siri, qui est ton patron ?
– C'est vous.
– Siri, t'arrive-t-il de te sentir surmenée ?
– Je n'y ai jamais vraiment pensé.
– Siri, t'arrive-t-il de te sentir maltraitée ?
– Je n'y ai jamais vraiment pensé. »

Hilary Bergen a mené plusieurs conversations de la sorte avec l'assistant vocal d'Apple. Son objectif : comprendre pourquoi des outils technologiques comme Siri, mais aussi Alexa d'Amazon, Cortana de Microsoft et l'Assistant Google, sont des « femmes » et surtout pourquoi sont ainsi perpétués des valeurs rétrogrades et des biais sexistes.

« Si les programmeurs ont donné des voix féminines aux assistants virtuels, c'est parce que cela encourage les échanges intimes, avance l'étudiante au doctorat interdisciplinaire en lettres et en sciences humaines de l'Université Concordia. De façon générale, nos sociétés considèrent les femmes comme non menaçantes. Les voix rassurantes de ces assistants – tour à tour associées aux images de la secrétaire, de la parfaite petite amie ou de la gentille maman – sont une illusion qui facilite et camoufle les nombreuses atteintes à la vie privée qu'on leur autorise, comme fouiller dans nos textos et nos courriels. »

Comme d'autres avant elle, Hilary Bergen note que les réponses scriptées de Siri trahissent nos a priori sur le genre. Par exemple, pendant

longtemps, lorsque l'utilisateur flirtait avec Siri, voire la harcelait, cette dernière répliquait systématiquement « Je rougirais si je pouvais ». « Ce n'est pas une réponse acceptable! » s'insurge la doctorante, qui rappelle au passage que l'assistant d'Apple était incapable, il y a peu encore, de fournir un conseil adéquat à une utilisatrice appelant à l'aide après une agression sexuelle ou un épisode de violence conjugale. Pour Hilary Bergen, ces lacunes ne seraient pas étrangères au fait que 92% des développeurs de logiciels sont des hommes ayant un âge médian de 29 ans, selon un sondage mondial réalisé en 2015. « Heureusement, Apple corrige le tir à chaque nouvelle mise à jour de Siri », convient-elle. Depuis 2013, la compagnie à la pomme propose également à ses utilisateurs de choisir une voix masculine.

« Mais la voix féminine reste l'option par défaut », signale l'étudiante.

Pour mettre un terme définitif à ce sexisme numérique, la solution ne résiderait-elle pas dans la création d'assistants virtuels au genre neutre, comme le réclame le groupe EqualAI? « Non, répond Hilary Bergen du tac au tac. Siri est simplement notre miroir. C'est nous qui devons changer; pas elle. Nous devons être plus sensibles aux relations de pouvoir entre les genres et à la façon dont nous traitons les femmes, même si elles sont virtuelles. » ⁰⁵

M. L.-C.



CHLOÉ FRESLON  @f_chloe

Technopop



L'évolution (pas si drôle) du LOL

Combien de fois par jour textez-vous un LOL (*laughing out loud*)? Moi, jamais. Ces trois lettres ne semblent jamais exprimer complètement mon sentiment. J'aime en revanche le lire dans les messages des autres et me demander ce que mon interlocuteur a *vraiment* voulu dire.

Si le LOL servait il y a quelques années à exprimer son amusement ou son hilarité, il n'est que rarement usité dans ce sens en 2018.

Dans le flux de la conversation, il sert plutôt à montrer que l'interlocuteur est attentif, comme on dirait « Hum, hum! » Il est également devenu un signal d'empathie entre deux personnes, soit le signe que vous avez lu et reconnu le message. C'est aussi un moyen d'injecter un peu de légèreté, de la même manière que vous pourriez lâcher un petit rire ou faire un clin d'œil à votre vis-à-vis. Il arrive en outre que le terme soit employé de façon sarcastique, voire ironique, et qu'il vise à souligner l'absence totale d'hilarité. Mais le rire à gorge déployée? Plus vraiment, non.

Manifestement, les connotations associées au LOL semblent être aussi uniques que les personnes les utilisant.

Le mot « LOL » figure dans l'édition 2013 du *Petit Robert* et est reconnu depuis 2011 par le dictionnaire *Oxford English*. Le LOL est même sorti de nos écrans pour se prononcer à voix haute. Nos (plus jeunes) amis français disent parfois « J'ai LOLé ».

Comment un acronyme de trois lettres a-t-il pu devenir un verbe conjugué à toutes les sauces : paresse numérique? fainéantise linguistique? Je ne crois pas. J'ai beau ne pas y recourir, je dois reconnaître que le LOL a sa place dans notre vocabulaire parce que, d'une certaine façon, envoyer un texto, c'est « écrire comme on parle ».

Il fut une époque où écrire à quelqu'un était un acte codifié; cela consistait à prendre du papier et un crayon avec toutes les implications grammaticales et orthographiques que cela comportait. De nos jours, la communication informelle est institutionnalisée. On peut écrire à quelqu'un sans avoir peur de briser les règles.

Certains appellent ça l'appauvrissement de la langue. Au contraire, j'aime voir le tout comme une évolution, une communication plus accessible qui rapproche les gens. N'est-ce pas cela la base d'Internet: faire tomber les barrières? ⁰⁵

Natan Obed tient un omble chevalier attrapé dans les eaux à proximité des monts Torngat, au Nunatsiavut (Labrador).



Le problème avec la science dans l'Arctique

Le représentant des Inuits du Canada, Natan Obed, dénonce les faiblesses de la recherche nordique.

Par Mélissa Guillemette

La science dans le Nord ne tourne pas rond, estime Natan Obed, président élu de l'Inuit Tapiriit Kanatami (ITK), l'organisation qui représente les quelque 65 000 Inuits du Canada. Elle se fait trop souvent aux dépens des communautés nordiques et répond aux questions des chercheurs en visite bien plus qu'à celles des habitants de ces régions. Nous l'avons rencontré pour en savoir plus.

= = =

Québec Science: Dans un discours au Sommet sur la pérennité de l'Arctique, tenu à Montréal en mai 2018 dans le cadre des sommets de la recherche du G7, vous avez dressé un portrait peu reluisant de la recherche menée dans le Nord. Quels sont les principaux problèmes ?

Natan Obed: La recherche dans l'Inuit Nunangat [NDLR: les régions inuites du Canada] part généralement de la prémisse qu'il y a un problème qu'un chercheur ou

un petit projet de recherche peut régler.

Également, quand une personne vient pour la première fois dans l'Arctique entreprendre un projet de recherche, souvent elle ne réalise pas qu'une douzaine d'autres sont déjà venues nous poser les mêmes questions, certaines parfois intimes.

QS Les chercheurs sont-ils *persona non grata* dans le Nord ?

NO Nous voulons connaître les perspectives différentes des nôtres et nous sommes heureux de faire partie du monde de la recherche. Il y a beaucoup de questions auxquelles la science doit encore répondre et nos communautés n'ont pas la capacité d'effectuer ces recherches elles-mêmes. Cela dit, quand un chercheur choisit un sujet parmi ses champs d'intérêt, nous ne sommes pas obligés d'être emballés.

Heureusement, il existe des scientifiques qui ont un respect profond de nos communautés, qui établissent des partenariats pour mettre sur pied des projets qui bénéficient

à la société inuite et qui répondent aux questions qui nous intéressent. C'est le cas du D^r Gonzalo Alvarez, à l'Institut de recherche de l'Hôpital d'Ottawa. Il étudie la tuberculose.

QS Quels sont les sujets chers aux communautés inuites ?

NO L'enjeu qui nous touche le plus est l'environnement, mais il y a aussi l'effet du climat sur les infrastructures et la prévention du suicide et de la tuberculose.

QS Que suggérez-vous pour améliorer la donne ?

NO La solution commence avec les établissements de recherche, qui doivent s'assurer que des Inuits siègent aux comités qui approuvent les projets. Même chose pour les conseils d'administration des instituts de recherche fédéraux. Pour le moment, nous demeurons essentiellement des observateurs pour toutes les décisions liées aux projets de recherche dans l'Arctique canadien et cela doit changer.

QS Vous affirmez que les données scientifiques sur le Nord sont souvent ignorées des autorités. Que voulez-vous dire ?

NO Les données de recherche sur la santé, sur l'environnement ou sur notre déficit en infrastructures par exemple ne se traduisent pas en interventions de la même façon qu'elles le seraient s'il s'agissait de données concernant la population du sud du Canada. Il n'y a pas encore eu de réelle volonté de s'attaquer aux inégalités entre les Inuits et le reste des Canadiens que ces données mettent en lumière. C'est maintenant l'heure de transformer les données en actions.

QS La Station canadienne de recherche dans l'Extrême-Arctique a été inaugurée au Nunavut par le gouvernement fédéral en octobre 2017. Quelle place souhaitez-vous y avoir ?

NO Cette station de recherche est un projet emballant et il est important pour nous de nous assurer que le gouvernement respecte les Inuits. L'ITK souhaite donc que 25% du financement alloué dans le cadre du premier plan stratégique de Savoir polaire Canada, responsable de la Station, soit destiné aux priorités de recherche des Inuits et administré grâce à un processus basé sur l'autodétermination.



Natan Obed sur la colline du Parlement, à Ottawa, lors d'un rassemblement pour la prévention du suicide chez les jeunes Inuits.

« Pour le moment, nous demeurons essentiellement des observateurs pour toutes les décisions liées aux projets de recherche dans l'Arctique canadien et cela doit changer. »

QS Les carrières en recherche intéressent-elles les Inuits ?

NO Des Inuits ont fait un parcours en recherche et ont une maîtrise ou un doctorat, mais nous avons très peu de professeurs. Nous devons guider la nouvelle génération en ce sens.

QS Comment y arriver ?

NO Le contexte est particulier, et les défis tirent leur origine de la colonisation. Rappelons que nos premiers contacts avec l'éducation formelle remontent aux pensionnats autochtones...

Ensuite, plusieurs de nos 51 communautés ont été constituées dans les années 1950 et 1960; notre système d'éducation y est donc jeune. Certaines communautés n'ont pas eu d'école secondaire avant les années 1980 ou 1990. Pour ces raisons, seulement 34% des Inuits possèdent un diplôme d'études secondaires. Donc, le bassin d'Inuits qui se rendent aux études postsecondaires est petit.

Je souhaite qu'on puisse nouer des partenariats avec des organismes du Sud pour que les Inuits voient la recherche comme une possible carrière, comme un espace où ils peuvent être respectés et où ils pourraient accomplir des choses pour leur société, en plus de gagner leur vie.

QS À quand une université du Nord, un projet sur la table depuis très longtemps ?


NO Avec plusieurs organisations, nous sommes au début d'un plan étalé sur cinq ans dans le but de créer une université dans l'Inuit Nunangat. Nous devons répondre à plusieurs questions, comme où l'établir et quelles disciplines offrir.

Ce ne serait pas une université exclusivement pour les Inuits, mais bien une université dirigée par les Inuits et dans la perspective inuite. C'est une différence importante, car nous souhaitons qu'elle s'insère dans le reste du monde universitaire. Ses diplômés seront transférables par exemple.

QS Des organisations inuites possèdent des installations de recherche. À quoi ressemblent-elles ?

NO La plus grande est à Kuujuaq; les autres sont modestes. Elles permettent néanmoins de développer tranquillement nos capacités. Nous aimerions que nos stations fassent partie du réseau des installations de recherche dans l'Arctique pour que nous n'en soyons pas les seuls utilisateurs, pour que la communauté scientifique au sens large s'en serve.

Notre nouvelle relation avec le gouvernement du Canada et les organismes de financement nous permet d'espérer que nous obtiendrons des fonds pour y arriver.

Je suis optimiste. Nous sommes très résilients: nous sommes passés à travers tant d'épreuves. 

Les « savoirs traditionnels » suscitent la méfiance, puisqu'ils ne sont pas validés scientifiquement. Des Autochtones expliquent leur nature et leur pertinence pour la protection du territoire.

LE SAVOIR AUTOCHTONE PEUT-IL PROTÉGER L'ENVIRONNEMENT?

PAR MÉLISSA GUILLEMETTE

PHOTOS: JEAN-FRANÇOIS HAMELIN

Jimmy Papatie est le directeur des ressources naturelles de Kitcisakik, en Abitibi-Témiscamingue.

Jimmy Papatie arrête sa camionnette dans un paysage désolant. Tout autour de la montagne, les arbres ont été coupés ; la ligne est encore bien franche, même si la coupe date d'il y a plusieurs années.

L'ombre se fait rare ; nous en aurions pourtant besoin en cette journée anormalement chaude de septembre. Seul un immense pin gris se tient debout. « Les forestières appellent ça un semencier. Mais il va mourir », lâche l'Anichinabé quinquagénaire, sur le ton de celui qui ne doute pas.

Il est le directeur des ressources naturelles de Kitcisakik, une communauté située dans la partie nord de la réserve faunique La Vérendrye et qui vit toujours sur son territoire ancestral de quelque 6 000 km². Depuis 1998, en raison d'une entente spéciale, ses membres sont consultés par le gouvernement du Québec pour la réalisation des plans d'exploitation forestière. « On lui dit par exemple de ne pas couper le *top* des montagnes parce que l'original en a besoin durant l'hiver : il y a moins de neige. »

Jimmy Papatie sort son téléphone satellite et nous montre une application qui répertorie toutes les sections critiques du territoire : une frayère à esturgeons ici, des nids d'aigles à tête blanche là, des zones de cueillette de plantes... « Si le gouvernement nous apprend qu'il a prévu un couloir de 20 m autour du lac pour protéger les espèces, on peut demander de l'augmenter à 150 m et dire que c'est non négociable. On ne peut pas se permettre de perdre une seule autre espèce ; l'histoire du caribou des bois est



le résultat de décennies à mépriser nos connaissances.» L'animal est pratiquement disparu de la région : il y reste seulement 18 bêtes en tout, selon un rapport du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs de 2018.

Il est vrai que les habitants de Kitcisakik connaissent le territoire comme personne. Ce savoir est qualifié de « traditionnel ». Il comprend les connaissances transmises oralement, de génération en génération, sur des sujets aussi variés que les animaux, le climat, l'eau ou les plantes, ainsi que les savoir-faire et les philosophies basés

Des paysages captés à proximité de Kitcisakik. Une étude de 2005 révélait que plus de la moitié des superficies productives avaient été exploitées sur le territoire ancestral des habitants de cette communauté. Ce territoire a plusieurs visages : on trouve des forêts feuillues au sud, puis des forêts mélangées au centre et des résineux au nord.



sur des millénaires d'interaction avec l'environnement local. Aux yeux de la communauté de Kitchisakik – et de membres des autres communautés autochtones –, ces savoirs traditionnels sont essentiels pour préserver le territoire et la pratique d'activités ancestrales. Mais à quel point ces savoirs sont-ils pris au sérieux par les décideurs et les scientifiques? Sont-ils vraiment pris en considération dans les projets de développement (mines, exploitation forestière ou des hydrocarbures), dont la majorité sont mis en œuvre dans les régions éloignées, là où vivent des

communautés autochtones, au Québec comme ailleurs dans le monde? Au total, on dit que quelque 20 % de la surface de la planète sont des territoires autochtones.

Au Canada, le premier cas de consultation des Autochtones pour évaluer un grand projet remonte à la fin des années 1970. Une commission d'enquête fédérale se penche alors sur la possibilité de construire un oléoduc au Yukon, dans la vallée du Mackenzie. Le juge Thomas Berger opte pour une approche révolutionnaire: il visite une trentaine de communautés nordiques pour produire son rapport, qui

LA MÉMOIRE ORALE EST-ELLE SOUS-ESTIMÉE?

C'est le propos du livre *The Edge of Memory: Ancient Stories, Oral Tradition and the Post-Glacial World*, publié récemment par l'anthropologue Patrick Nunn, de l'Université de la Sunshine Coast. Il a interrogé des communautés du sud de l'Australie qui ont vécu isolées les unes des autres pendant des millénaires. Son constat: leurs histoires se recoupaient et documentaient des événements majeurs survenus il y a plusieurs milliers d'années, comme la montée rapide du niveau de la mer après la dernière glaciation.

recommande finalement de ne pas aller de l'avant avec ce projet, ou à tout le moins de le reporter, pour protéger des terres et des cours d'eau qu'il a découverts comme essentiels à la survie de peuplements d'animaux. « Peut-être [les Canadiens] ont-ils commencé à comprendre qu'ils peuvent apprendre d'un peuple qui a réussi à vivre dans le Nord pendant des siècles, un peuple qui n'a jamais cherché à modifier l'environnement, mais plutôt à vivre en harmonie avec lui », écrit-il alors.

En 1992, le Canada devient signataire de la Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement, qui stipule que les communautés autochtones « ont un rôle à jouer dans la gestion de l'environnement et le développement du fait de leurs connaissances du milieu et de leurs pratiques traditionnelles ». Mais il faudra attendre des jugements importants de la Cour suprême dans les années 2000 pour que la consultation des Autochtones soit systématique – une « obligation de consulter » qui est avant tout liée à leurs droits ancestraux ou issus de traités.

Ces promesses sur papier ne signifient pas que tout le monde est à l'aise avec le concept de « savoirs traditionnels ». « Tenir compte systématiquement du savoir autochtone, au même titre que la science et les données probantes, pourrait s'avérer problématique dans les cas où le savoir autochtone et la science se révéleraient contradictoires », écrivait l'hiver dernier Patrick Beauchesne, sous-ministre du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, dans une missive



Jimmy Papatie nous entraîne dans le dédale des routes forestières à proximité de son domicile.

adressée au gouvernement fédéral au sujet du projet de loi C-69, qui concerne les évaluations d'impact (voir l'encadré p. 19). À la suite du dévoilement de ce document, obtenu par Radio-Canada, Daniel Baril, anthropologue et militant pour la laïcité, enfonçait le clou dans une lettre d'opinion publiée dans *Le Devoir*, y affirmant que ceux qui voient dans le « savoir autochtone », qui inclut la spiritualité, une plus grande richesse de points de vue sombrent dans un « relativisme postmoderniste tout aussi extrémiste que navrant ».

Pourtant, ailleurs dans le monde, on observe un intérêt croissant pour les savoirs traditionnels liés à la gestion des ressources naturelles et de l'environnement, à la conservation et au climat. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, par exemple, dit qu'il s'agit d'une « base inestimable pour développer les stratégies d'adaptation et de gestion des ressources naturelles en réponse aux changements, qu'ils soient environnementaux ou d'une autre nature ». L'Unesco a fourni en 2012 une revue de la littérature sur la contribution des savoirs autochtones pour la compréhension des changements climatiques. Manifestement, plusieurs ne voient pas d'opposition entre la science et les savoirs traditionnels ; des chercheurs s'attellent même à trouver

comment bâtir des ponts entre ces deux « systèmes de connaissances ».

Rien n'illustre mieux cette tendance que la présence de Natan Obed, président élu de l'Inuit Tapiriit Kanatami, organisme qui représente les Inuits du Canada, à titre d'invité d'honneur du sommet de la recherche du G7 tenu à Montréal en mai dernier. Interrogé en marge de la rencontre, M. Obed reconnaît que le terme *savoir traditionnel* peut faire peur, d'autant plus qu'il est trompeur. « Il donne l'impression d'être figé dans le temps, alors que ce savoir évolue sans cesse. Notre science autochtone fonctionne un peu de la même façon que la science occidentale, qui a ses hypothèses, ses expérimentations et la revue des résultats par les pairs. Mais comme nous sommes une société orale, notre manière d'envisager la connaissance est évidemment très différente. Ça ne veut pas dire que nos résultats sont moins significatifs ; ils peuvent apporter plus de profondeur aux évaluations environnementales au bénéfice de tous. »

Des subtilités souvent difficiles à saisir pour les non-Autochtones. Également invitée à ce sommet, Gail Whiteman raconte comment elle a eu du mal à comprendre les Cris de la baie James à son arrivée à Nemaska (auparavant Nemiscau) et Eastmain, où elle effectuait des recherches doctorales en 1995. « J'étudiais les répercussions des projets de développement des ressources

naturelles sur leur vie. Ils me répétaient continuellement : « Ça change notre façon de gérer. » Je me demandais ce qu'ils avaient à gérer ! » explique la Torontoise d'origine qui dirige aujourd'hui le Pentland Centre for Sustainability in Business à l'Université de Lancaster, au Royaume-Uni.

Ses interlocuteurs l'ont alors invitée à les accompagner dans un camp de chasse le temps d'un hiver. Au bout de 10 semaines, c'est devenu clair comme de l'eau de roche. « Le savoir traditionnel est un système de gestion des ressources basé sur des millénaires d'observations détaillées et pointues, résume Gail Whiteman. C'est comme les chercheurs qui vont sur le terrain scruter les habitudes des oiseaux, sauf qu'eux ils sont toujours sur place et depuis des générations ! Mais les données archivées se transmettent à travers les histoires et les mythes, et l'on n'est pas habitués à ce genre de langage. »

« Je vais vous raconter une histoire », nous annonce d'ailleurs à plusieurs reprises Jimmy Papatie, pendant que nous explorons l'érablière de laquelle la communauté tire un sirop bien noir, puis le séchoir à champignons, sans oublier les rivières du coin. Il y a eu celle de l'ours qui se soigne, celle du bouleau qui était orgueilleux et celle de sa grand-mère. « Quand elle était jeune fille, elle est arrivée en canot devant



une magnifique forêt de pins gris. Et là, un arbre lui a parlé. Il lui a dit: “Un jour, on va tous partir. Et tu vas voir ça de ton vivant.” Et c’est arrivé, avec les coupes forestières! Mais les Blancs ne me croient pas vraiment quand je dis ce genre de choses... Moi-même, j’étais sceptique quand mon grand-père m’a dit qu’il me fallait apprendre de l’ours pour survivre! Apprendre de l’ours!?! J’ai compris plus tard.»

SAVOIRS MARGINALISÉS

Ce décalage sur le plan du langage explique peut-être en partie le constat sans appel du comité d’experts mandaté en 2016 par Ottawa pour revoir les processus d’évaluation environnementale avant la rédaction du projet de loi C-69: le savoir traditionnel est marginalisé, voire mis en doute par les professionnels qui chapeautent ces évaluations.

Il est en outre « fréquent de reléguer le savoir autochtone à une annexe isolée, ce qui empêche ces précieuses connaissances d’influer sur le projet et sur les résultats de l’évaluation environnementale », affirmaient les auteurs, qui donnaient des directives explicites sur la façon de recueillir et d’intégrer le savoir autochtone aux processus.

Si le projet de loi C-69 est adopté (au moment d’écrire ces lignes, il était étudié au Sénat), une nouvelle agence canadienne

d’évaluation d’impact sera créée. Elle devra indiquer clairement, à la fin de ses rapports, « comment le savoir autochtone a été pris en compte au cours de l’évaluation », assure un porte-parole de la ministre de l’Environnement et du Changement climatique du Canada, Catherine McKenna. Le gouvernement devra faire de même quand il rendra ses décisions. De plus, un comité consultatif autochtone mis en place cet automne doit conseiller le gouvernement sur l’application du nouveau modèle.

Le Canada n’est pas le seul à peiner dans ce dossier. Partout dans le monde, on a du mal à faire une place aux savoirs traditionnels dans les évaluations d’impact, observe l’épidémiologiste canadienne Marla Orenstein. « Les autres pays sont peut-être même un peu à la traîne derrière le Canada. Il y a encore beaucoup d’incertitudes quant à la façon de tenir compte des savoirs autochtones et dont cette prise en compte doit être considérée ensuite par l’autorité qui approuve le projet », affirme la présidente sortante de l’International Association for Impact Assessment, qui travaille à la Canada West Foundation, un groupe de réflexion albertain.

À l’heure actuelle, les rapports d’évaluation d’impact comportent une faille importante, selon elle: les enjeux y sont traités isolément. « Il y a un chapitre sur

QU’EST-CE QUE L’ÉVALUATION D’IMPACT ?

L’évaluation d’impact est un processus utilisé partout sur la planète pour analyser les projets de développement susceptibles de modifier de façon significative l’environnement. Elle comprend un examen des effets du projet sur les plans environnemental, économique et social. Elle propose aussi des moyens d’atténuer les répercussions. Tout cela dans le but d’éclairer les décideurs. Il en existe différentes versions, selon le type de projet et l’autorité concernée (gouvernement provincial ou fédéral par exemple).

ENVIRONNEMENT

l'hydrogéologie, un qui aborde les effets sur la végétation, puis sur la qualité de l'air, etc., illustre Marla Orenstein. Tout cela ne répond pas aux questions des communautés sur la manière dont le projet influencera leur qualité de vie, leur territoire, leurs relations avec leurs voisins... Quand le savoir traditionnel est bien intégré, il fournit des réponses précises à ces questions. Donc le problème, ce n'est pas le savoir traditionnel, c'est le reste ! »

C'est d'ailleurs ce qui a mené Suzy Basile, une Attikamek, à faire un doctorat en environnement. « Dans cette discipline, il n'y a pas d'humains dans l'équation : on se place au-dessus et on tente de gérer la nature. Je voulais apporter la vision qu'ont les peuples autochtones de l'environnement, c'est-à-dire un tout dont on fait partie et pour lequel on ne peut pas avoir la prétention de tout décider », dit celle qui est aujourd'hui professeure à l'École d'études autochtones de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue.

Dans une vaste salle communautaire de La Petite-Bourgogne, à Montréal, où elle m'entraîne, se déroule l'« exercice des couvertures ». Il s'agit de la dernière activité de la journée tenue à l'occasion de la rencontre internationale Femmes en résistance face à l'extractivisme, qui s'est déroulée sur trois jours en avril dernier. Suzy Basile y est venue en observatrice. De véritables pièces d'étoffe sont étendues sur le sol et pliées au fil du récit de la colonisation au Canada pour symboliser la dépossession des peuples.

Suzy Basile réfléchit à la lettre du sous-ministre Patrick Beauchesne. « Pour les gouvernements, particulièrement le Québec, on est une boîte de Pandore. Ils se demandent s'ils vont perdre quelque chose en discutant du territoire avec nous. Pourtant, l'idée est de partager les ressources et le territoire, pas d'enlever la couverture à l'un pour la donner à l'autre. »

LE SOUTIEN DE LA SCIENCE

La communauté innue de Mashteuiatsh, située près de Roberval, mobilise beaucoup de ressources pour répondre chaque année à une flopée de demandes de consultation. « Et de façon générale, à la fin, on est déçus. Les compromis se font souvent juste de notre côté, pas de celui des gouvernements », dit Hélène Boivin, coordonnatrice au développement de l'autonomie gouvernementale.

Si bien que sa communauté se tourne



1. Un doré pêché par un jeune homme de la communauté à l'aide d'un fil métallique et d'un bâton en bois. 2. Deux perdrix noires abattues par Jimmy Papatie. 3. Un cèpe d'Amérique qu'on trouve dans la région. 4. Le capteur de rêves fait partie de la culture de plusieurs nations. Celui-ci est accroché au dépanneur de Kitcisakik.

vers la science dans l'espoir de mieux faire valoir ses inquiétudes et de convaincre les décideurs. Elle travaille présentement avec une équipe de l'Université Laval pour construire un outil de mesure des effets cumulatifs des différents projets, ce qui aidera à déterminer quelles sections du territoire sont saturées et lesquelles peuvent encore absorber des perturbations. Il faut dire que le territoire ancestral des Pekuakamiulnuatsh de Mashteuiatsh

est le théâtre de bien des activités, dont l'exploitation forestière et la villégiature.

Mais ils trouvent triste de devoir recourir à la validation scientifique pour être entendus. « Ça nous blesse quand notre savoir n'est pas considéré sur un pied d'égalité avec celui des biologistes et autres spécialistes, qui ont tout notre respect, soit dit en passant, mentionne Charles-Édouard Verreault, conseiller élu responsable du dossier du territoire


à Mashteuiatsh. Nous faisons pourtant de la recherche depuis des millénaires pour trouver comment survivre sur ces terres. »

« On a protégé nos territoires avec succès pendant longtemps, et l'on sait toujours comment le faire », renchérit Deborah McGregor, titulaire de la Chaire de recherche du Canada sur la justice environnementale et les droits des peuples autochtones à l'Université York, à Toronto.

Cette Anichinabée de la Première Nation Whitefish River se fait d'ailleurs catégorique : les évaluations environnementales ne protègent pas l'environnement. Elle estime qu'il est peut-être temps de parler de gouvernance autochtone, un concept qui va beaucoup plus loin que la simple consultation ; ici, il est question de pouvoir décisionnel. « Cela fait 20 ans que les gens me disent qu'ils ne savent pas comment intégrer les savoirs traditionnels. Et ceux qui ont compris ne veulent pas le faire parce que cette intégration changerait la gestion des ressources au Canada et ils ne sont pas prêts à ça. »

Qui plus est, l'essence du savoir est complètement perdue si ses détenteurs ne sont pas assis à la table où sont prises les décisions, argue-t-elle. Elle rappelle d'ailleurs que le Canada a adhéré à la Déclaration des Nations Unies sur les droits des peuples autochtones, qui parle de « consentement préalable » nécessaire pour entreprendre tout projet ayant des incidences sur les terres ancestrales et les ressources s'y trouvant.

Certains chercheurs et écologistes soutiennent la gouvernance autochtone, comme Linda Etchart, une chercheuse britannique qui travaille avec des communautés de la forêt amazonienne et qui écrivait dans la revue *Palgrave Communications* en 2017 : « Si les communautés autochtones réussissent à garder le contrôle sur leurs territoires et peuvent maintenir leurs habitudes, leurs traditions et leurs modes de vie, elles seront peut-être capables de résister au développement et aux conséquences délétères de la modernité. »

Jimmy Papatie, de Kitcisakik, y veille. Il nous montre une carte des claims miniers situés au nord du territoire de sa nation. Des centaines de taches rosées cerclent la région, mais aucune ne figure à l'intérieur, puisque le statut de réserve faunique ne permet pas l'exploitation minière. « Notre communauté travaille sur une politique minière quand même. Peu importe ce qui arrive, on sera prêts. » 



LA SCIENCE QUI INTÈGRE LES SAVOIRS TRADITIONNELS : OPPORTUNISTE ?

Des articles scientifiques cosignés par des membres des communautés autochtones ? Ça existe. Les scientifiques non autochtones souhaitent ainsi refléter l'apport des savoirs traditionnels à leurs travaux. Mais cette reconnaissance est-elle suffisante ?

D'autres chercheurs choisissent plutôt de ne pas inclure les savoirs traditionnels dans leurs articles scientifiques, même s'ils leur seraient utiles, pour ne pas les « voler ». Ce fut le cas en Australie pour des recherches sur des espèces d'oiseaux qui contribuent à répandre le feu, de façon volontaire, pour pouvoir s'alimenter de carcasses brûlées, un phénomène bien connu de différentes communautés aborigènes. L'équipe a exclu les témoignages d'aborigènes recueillis, sauf ceux de garde-feux, et a plutôt fait de l'observation directe et des entrevues avec d'autres intervenants. Des publications cosignées avec des aborigènes pourraient toutefois suivre.

La propriété intellectuelle en lien avec les savoirs autochtones fait l'objet d'une réflexion à l'échelle de la planète. Au Canada, par exemple, le projet de loi C-69 prévoit la possibilité que des connaissances particulières soient tenues confidentielles, comme l'emplacement exact d'un lieu sacré.

SCIENCE BRASSICOLE

UNE BIÈRE QUI PREND



Le Québec brassicole se lance dans l'aventure des bières de fermentation spontanée. **Bactéries et levures sauvages**, au boulot!

PAR JOËL LEBLANC
PHOTOS: IDHP MATANE

L'AIR



Francis Joncas prend la pose en plein remplissage du *coolship*. C'est dans ce bassin que le moût séjourne pendant 24 heures afin d'êtreensemencé par les germes naturellement présents dans l'air. Dans ses mains, la première bière de fermentation spontanée commercialisée au Québec, issue du même bassin, trois ans plus tôt.



Les pieds dans le golfe du Saint-Laurent, la microbrasserie Pit Caribou, à L'Anse-à-Beaufils, près de Percé. C'est dans la petite cabane blanche derrière le bâtiment principal que se trouve le fameux *coolship* où démarre la fermentation spontanée.

Par un matin frais de novembre 2017, une centaine de quidams font la queue sur le trottoir de la rue Amherst, à Montréal, devant Expérience Bière, un dépanneur spécialisé

en produits de microbrasseries. On interpelle l'un d'entre eux, un client enthousiaste arrivé une heure avant l'ouverture dans l'espoir de repartir avec la dernière nouveauté. « Je suis quatorzième; je suis pas mal sûr d'avoir ma bouteille. »

Il sera l'un des rares chanceux à mettre la main sur une Perséides, une bière dite de « fermentation spontanée », produite en série limitée. Le dépanneur n'en a reçu que 46. Elles seront vendues en une quinzaine de minutes, tout comme dans les six autres dépanneurs de la province où est distribuée la fameuse bière le même jour. Au total, ce sont seulement 1 350 bouteilles – numérotées! – qui trouveront preneur ce jour-là.

Mais qu'a-t-elle de si spécial? Pour le savoir, il faut entrer dans une cabane sur

la plage de L'Anse-à-Beaufils, en Gaspésie, à 1 000 km de Montréal, où le précieux liquide a été concocté. Minuscule, l'endroit est quasiment vide; seul un grand bassin peu profond en acier inoxydable, appelé *coolship*, y occupe presque tout l'espace. Détail important, les quatre murs sont percés de fenêtres sans vitres, un simple grillage empêchant les oiseaux d'entrer.

C'est dans ce réservoir que, en mai 2016, Francis Joncas, propriétaire de la microbrasserie Pit Caribou, a entamé la conception de la très convoitée Perséides. « J'ai appliqué les méthodes ancestrales des Belges, se rappelle celui qui a fait des stages dans les réputées maisons Cantillon et Tilquin. J'ai pompé mon moût chaud et fumant vers ce *coolship*; je l'ai laissé reposer et refroidir pendant toute une journée, à découvert. J'ai ensuite transféré la mixture dans des barils en chêne et je l'ai laissée fermenter un an et demi. »

Disons que l'opération tranche avec la façon traditionnelle de faire de la bière. Les brasseurs font d'abord tremper des céréales maltées dans de l'eau chaude pour en extraire les sucres. L'eau sucrée

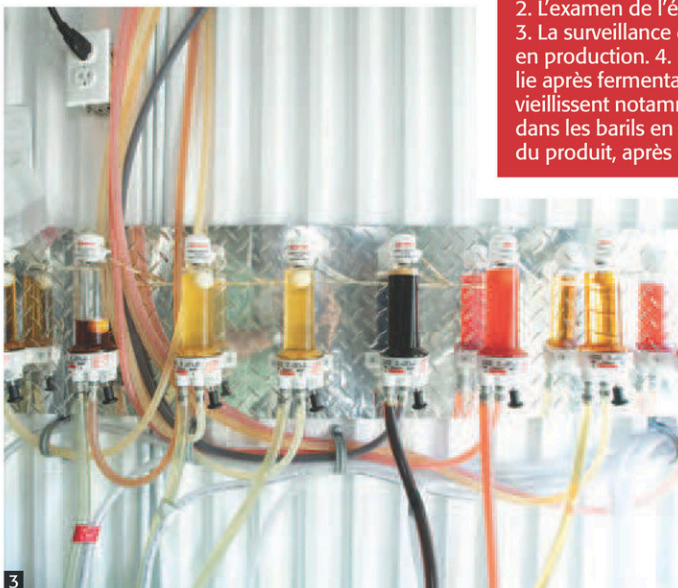
obtenue, appelée « moût », est ensuite bouillie afin d'être stérilisée. Puis, le moût est rapidement refroidi et transféré dans une cuve de fermentation pour que le sucre se transforme en alcool. Pour ce faire, les brasseurs inoculent le moût avec une souche de levure particulière, précisément sélectionnée en vue d'obtenir le produit voulu. À quelques exceptions près, c'est normalement la seule et unique espèce de microorganisme qui se retrouve dans la bière.

La Perséides se démarque surtout à cette dernière étape: l'équipe de Pit Caribou a plutôt laissé la nature choisir quels microorganismesensemenceraient le moût. « Pendant les 24 heures que ce moût passe dans le *coolship*, les levures et les bactéries naturellement présentes dans l'air y tombent. C'est la nature qui fait le travail toute seule, d'où le terme « fermentation spontanée », explique Gerald Bourdaudhui, directeur de la division Ferment au Labo – Solutions brassicoles, à La Pocatière, une entreprise qui produit des levures sous forme liquide pour les brasseurs et distillateurs.



Mis à part leur inoculation particulière, le travail sur les bières spontanées s'inscrit dans les autres opérations de routine à la microbrasserie.

1. L'empâtage, ou trempage du malt, qui permet d'extraire les sucres de la céréale et d'obtenir le moût.
2. L'examen de l'état des levures.
3. La surveillance de toutes les bières en production.
4. Le soutirage de la lie après fermentation.
5. Le chai, où vieillissent notamment les spontanées dans les barils en chêne.
6. La filtration du produit, après maturation.





Le pub de Pit Caribou, à Percé, à moins de 10 km de la brasserie mère

Quels sont ces microorganismes qui plongent dans le bouillon ? « Il y a des levures, bien sûr, continue l'ingénieur brassicole d'origine belge, comme des *saccharomyces* et *brettanomyces*, versions sauvages des ferments domestiqués, si familiers des brasseurs. Mais aussi des bactéries, comme les *lactobacilles*, *pédiocoques*, *leuconostokes*, *Weissela*, etc. Les premières fermentent, transformant le sucre en alcool, alors que les secondes en font plutôt de l'acide lactique. Et chaque espèce ajoute aussi les sous-produits des réactions métaboliques qui lui sont propres. » Pas surprenant que ces bières soient parmi les plus complexes en saveurs, avec tous ces microorganismes qui y laissent leurs traces.

Ce moût enrichi est ensuite transféré dans un contenant fermé, mais pas hermétique, habituellement un baril en chêne. C'est dans ce tonneau que la magie opère. Pendant plusieurs mois, voire quelques années, les germes s'activent à tour de rôle et transforment le liquide sucré en une potion alcoolisée et, surtout, acidulée. C'est ainsi qu'on faisait la bière autrefois, et c'est encore comme cela qu'on fabrique les lambics, ces bières typiques de la vallée de la Senne, près de Bruxelles.

Les lambics sont parmi les rares bières de fermentation spontanée sur le marché.

La gueuze (assemblage de lambics) et la kriel (lambic aux cerises) contribuent notamment au succès mondial de ce type de bière, dont la demande est très forte. Elles sont tellement courues que leur appellation a dû être protégée; ne s'appelle pas lambic qui veut. L'analyse microbiologique d'une gueuze de la brasserie Cantillon a révélé la présence de pas moins de 16 souches de levure et de 8 souches de bactéries, un profil aux antipodes de la bière standard avec son unique souche de levure. Le mythe veut même qu'un bon lambic ne puisse provenir que de la vallée de la Senne, où vivent naturellement les « bons » microbes.

Au goût, la Perséides de Pit Caribou revendique pourtant une parenté certaine avec ses cousines belges. À la dégustation de la bouteille n° 967, dès la première gorgée, les notes de pomme verte et de pêche ont laissé rapidement place à une acidité franche et marquée, mais équilibrée. Indiscutablement surette, elle ressemble à un jeune lambic de 12 à 18 mois d'âge.

UN COMBAT RÉGLEMENTAIRE

Francis Joncas a dû mener tout un combat pour obtenir l'autorisation de la brasser. « À la Régie des alcools, des courses

et des jeux (RACJ), se rappelle-t-il, on me disait que, pour vendre une bière, il fallait qu'elle réponde à la définition de l'Agence canadienne d'inspection des aliments. Cette définition stipule que la boisson doit nécessairement contenir des levures. Ces levures devaient-elles absolument être ajoutées de la main de l'homme ? Ce n'était pas précisé, mais les fonctionnaires de la RACJ interprétaient cette définition de la sorte. »

Accompagné d'une avocate du Centre de recherche sur les biotechnologies marines de Rimouski, Francis Joncas est monté au palier fédéral pour faire clarifier la loi. Et il a réussi ! « L'Agence a tranché en ma faveur après quelques mois, en me confirmant que les levures ne devaient pas obligatoirement être ajoutées par un brasseur. J'ai envoyé ce courriel de confirmation à la RACJ et, deux heures après, j'avais son approbation, à la condition que le bâtiment où se trouve le *coolship* respecte les normes de salubrité. »

Avec cette clarification, le Québec deviendra-t-il une nouvelle terre de lambic ? D'autres brasseurs ont déjà manifesté leur intérêt à explorer cette voie. « On travaille sur l'idée d'un *coolship* mobile, indique Pierre-Paul Carpentier, brasseur et propriétaire d'À la Fût, à Saint-Tite. Installé dans une remorque fermée, le bassin serait transporté dans différents lieux forestiers afin de tester les microflore locales. On ouvrirait la remorque, on y verserait le moût chaud et on attendrait. On le transférerait ensuite dans des barils avant de le rapporter dans nos caves pour fermentation. » Chaque milieu ayant un microécosystème qui lui est propre, les bières de forêt se démarqueront assurément des bières marines comme celles de Pit Caribou.

Pour le plus grand plaisir des amateurs prêts à faire la queue en pleine matinée pour acheter une bière, Francis Joncas continue d'innover. Il a l'intention de sortir des assemblages de bières spontanées. « Comme pour les gueuzes, je vise à combiner des bières vieilles un an, deux ans et trois ans. J'ai présentement 6000L qui fermentent en barils depuis un an et je viens de faire un nouveau brassin. Le produit final assemblé sera prêt en 2020. »

Elles ont beau être spontanées, ces bières exigent bien de la patience. 05



LA RECHERCHE DANS LE RÉSEAU DE L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC



IL VA Y AVOIR DU SPORT!

Le dopage d'hier à
aujourd'hui

Des technos qui
mènent à la victoire

Commotions
cérébrales : où en
est-on ?

Le sport, une affaire
de psychologie

Le sport est un grand laboratoire

Ce dossier est inséré dans le numéro de décembre 2018 du magazine *Québec Science*. Il a été financé par l'Université du Québec et produit par le magazine *Québec Science*.

Le comité consultatif était formé de :

Marie Auclair, UQAM
 Caroline Boily, UQTR
 Myriam Duperré, UQAC
 Ève-Marie Lavoie, UQAC
 Pietro-Luciano Buono, UQAR
 Christophe Maiano, UQO
 Stéphanie Duchesne, UQAT
 Josée Charest, INRS
 Mario Dubois, ÉTS
 Éric Lamiot, TÉLUQ
 Andrée LaRue, UQ
 Valérie Reuillard, UQ
 Marie Lambert-Chan, QS

Coordination :

Marie Lambert-Chan
 et Valérie Reuillard

Rédaction :

Annie Labrecque
 Marie Lambert-Chan
 Maxime Bilodeau

Graphisme :

François Émond

Correction-révision :

Sophie Cazanave

Bibliothèque nationale du Canada :

ISSN-0021-6127

Les 10 établissements du réseau de l'Université du Québec ont pour mission de faciliter l'accessibilité à l'enseignement universitaire, de contribuer au développement scientifique du Québec et au développement de ses régions.

Le sport n'évolue pas que dans les arénas et les gymnases. Il est un laboratoire en soi, où interviennent tour à tour la biomécanique, la médecine, la psychologie, la chimie, la technologie, le génie, le marketing et même la diplomatie. Ce n'est pas nouveau : depuis la Grèce antique, les esprits scientifiques étudient les méthodes d'entraînement pour améliorer les performances des athlètes.

Aujourd'hui, grâce aux chercheurs, des sportifs réussissent à repousser les limites de leur endurance et tirent profit de technologies de plus en plus pointues. On se tourne également vers la science quand vient le temps de disséquer et de vaincre les maux qui affectent le monde du sport, comme le dopage, les commotions cérébrales et les troubles du comportement alimentaire.

Ce dossier illustre bien à quel point le sport est un objet de fascination sans fin pour les scientifiques – qui n'hésitent pas à donner leur 110 %.



3 Une longue histoire de triche

Le monde du sport est gangrené par le dopage. Retour sur une lutte sans trêve.

5 Commotions cérébrales : la science progresse

Des chercheurs perfectionnent les techniques de détection et les protocoles de guérison.

8 La victoire, une avancée technologique à la fois

Pour grimper sur la plus haute marche du podium

ou simplement pour garder la santé, un sportif peut aujourd'hui compter sur la technologie.

11 Le sport contre le Big Mac

Un chercheur montre que l'entraînement à haute intensité peut compenser les effets néfastes de la malbouffe.

12 Le sport, une affaire de tête !

Pour se surpasser, un athlète doit veiller à s'entraîner aussi mentalement.

14 Le sport pour mettre les villes en valeur

Le professeur André Richelieu étudie comment la réputation d'une ville ou d'un pays peut se faire (et se défaire) grâce au sport.

16 L'essor fulgurant du sport électronique

Des millions de spectateurs regardent des tournois de jeux vidéos sur le Web ou dans des stades remplis à craquer. Explications.

Une longue histoire *de triche*

Le monde du sport est gangrené par le dopage malgré l'émergence de méthodes de dépistage sophistiquées dans les dernières décennies. Retour historique sur une lutte sans trêve. Par **Maxime Bilodeau**

«**A**veux de dopage : Lance Armstrong a beaucoup à perdre», rapportait *Le Devoir* en 2013, dans la foulée des confessions du septuple vainqueur déchu du Tour de France. «La Russie a mis en place un système de dopage d'État», titrait Radio-Canada à l'été 2016, après que l'avocat canadien Richard McLaren eut déposé un rapport incendiaire sur la question. «Soupçons de dopage dans le ski de fond», affirmait *Le Monde* à quelques jours de l'ouverture des Jeux olympiques d'hiver de Pyeongchang plus tôt cette année. Les scandales sur le dopage se suivent et se ressemblent, donnant plus que jamais l'impression qu'il a gangrené le milieu sportif.

La consommation de substances qui améliorent les performances sportives n'est pourtant pas un phénomène nouveau dans l'histoire, mentionne **Laurent Turcot**, professeur au Département des sciences humaines de l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR). «Il y a toujours eu des athlètes qui ont testé les limites de la légalité dans l'espoir de grignoter quelques secondes. On peut retracer des cas qui s'apparentent à du dopage aussi loin que dans l'Antiquité», souligne celui qui prépare un colloque sur la question en 2020 à l'UQTR. On sait par exemple que des soldats de la Grèce antique avalaient des concoctions d'herbes avant de livrer bataille.

Avance rapide jusqu'à la seconde moitié du 19^e siècle, alors que le sport moderne commence à se développer. On fait alors état de certaines pratiques qui s'assimilent au dopage. Leur particularité : elles sont tout sauf scientifiques, comme le rappelle le cas de Thomas Hicks, vainqueur du marathon olympique de 1904, qui a reçu une injection de strychnine et d'alcool de ses assistants alors qu'il ralentissait. Dans le meilleur des cas, ces substances pouvaient procurer un



NICOLAS HOIZEY/JUNSPASH

certain avantage lié à l'effet placebo. Dans le pire des scénarios, elles étaient fatales. « On ne peut pas encore parler de dopage à cette époque, puisque les connaissances scientifiques et les outils qui permettent de le mesurer n'étaient pas au rendez-vous », nuance Laurent Turcot.



NICOLAS PAQUET

Christiane Ayotte,
directrice du
Laboratoire de contrôle
du dopage de l'INRS
depuis 1991

Il faudra attendre la seconde moitié du 20^e siècle avant que les savoirs physiologiques et biologiques arrivent à maturité, en pleine guerre froide. Le choc entre les blocs de l'Est et de l'Ouest se transporte alors sur les terrains de sport. C'est dans ce terreau fertile que verront le jour nombre de pratiques dopantes, comme la prise massive de testostérone, une hormone à la fois anabolisante et psychostimulante. Et c'est lors du scandale de Ben Johnson, sprinteur canadien épinglé pour dopage au stanozolol, une autre substance qui accélère l'anabolisme musculaire – transformant ses consommateurs en culturistes –, aux Jeux olympiques de 1988 à Séoul que le grand public prend véritablement conscience du dopage. « Il est le premier athlète à faire son entrée dans les livres d'histoire non pas parce qu'il a battu un record, mais bien parce qu'il a été la première grande vedette à se faire prendre la main

dans le sac », dit Laurent Turcot.

Dans les coulisses de l'antidopage

Christiane Ayotte, directrice du Laboratoire de contrôle du dopage de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS) depuis 1991, a vécu de près la controverse soulevée par l'affaire Johnson. Alors associée de recherche au centre montréalais, elle se souvient du défi technique que représentait le dépistage de stéroïdes anabolisants, des substances qui étaient utilisées à l'entraînement pour augmenter la masse musculaire et accélérer la récupération. « Lors des contrôles, les traces qui subsistaient dans l'organisme étaient trop minimes pour être décelables. La méthode employée, basée sur la détection d'anticorps, était notoirement inefficace », raconte la sommité mondiale dans la lutte antidopage. Résultat : ces substances avaient la réputation d'être indétectables.

C'est une avancée technologique « de dernière minute et non publicisée » qui a changé la donne et provoqué la chute de Ben Johnson. Plus sensibles, les outils décelaient désormais des traces évidentes de dopage dans les échantillons soumis, coupant l'herbe sous le pied aux tricheurs. Ces dénonciations allaient se reproduire dans les décennies suivantes, pendant

lesquelles l'érythropoïétine (EPO) synthétique, dont on se sert pour accroître artificiellement la production de globules rouges, ces transporteurs d'oxygène aux muscles à l'effort, allait notamment faire son apparition dans des sports comme le cyclisme et l'athlétisme. « Aujourd'hui, on peut en détecter des doses aussi petites qu'un picogramme par millilitre d'urine. C'est très, très en deçà des microgrammes par millilitre qu'on décelait dans les années 1980 et 1990 », indique Christiane Ayotte.

Si les laboratoires antidopages sont mieux équipés que jamais, ils peuvent aussi compter sur des méthodes novatrices comme le passeport biologique afin d'attraper les fraudeurs. Ce document permet un suivi personnalisé de plusieurs variables sanguines de l'athlète, lesquelles sont mesurées au fil du temps lors des divers contrôles qu'il subit. Grâce à cet outil, toute éventuelle anomalie synonyme de dopage est mise au jour. Malgré tout, des athlètes trouvent le moyen de passer sous le radar de la suspicion. À preuve, le récent scandale de dopage institutionnel de la Russie : on a découvert que l'État a mis en place un ingénieux stratagème pour remplacer les échantillons positifs par des échantillons normaux aux Jeux olympiques de Sotchi, en 2014. En guise de punition, le pays de Vladimir Poutine a été exclu des Jeux d'hiver de 2018 ainsi que de l'Agence mondiale antidopage (AMA) en 2015 – une sentence récemment levée, puisque l'organisation a réadmis les Russes en son sein dans un revirement pour le moins controversé. « Ceux qui se dopent de nos jours le font à l'aide de microdoses plus ou moins indétectables. Est-ce efficace ? On l'ignore. Probablement que les effets sont relatifs à la récupération : on en prend entre deux compétitions ou à l'entraînement pour l'accélérer », avance la proche collaboratrice de l'AMA.

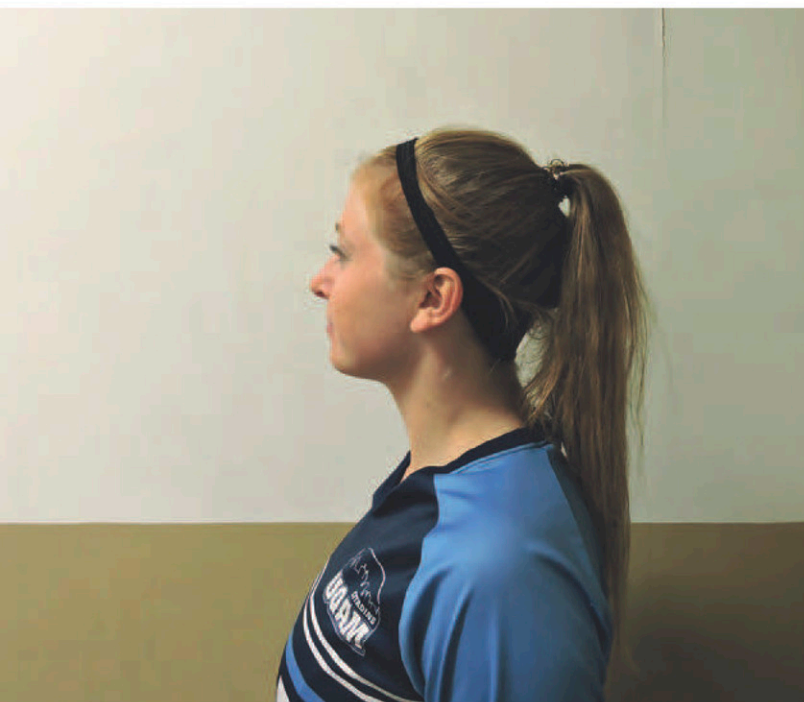
À l'heure de la méthode d'édition ciblée des gènes CRISPR, le dopage génétique interpelle également les autorités antidopages. Il permettrait, par exemple, de transférer des copies supplémentaires du gène fabriquant l'EPO. Même si rien ne porte l'AMA à croire que des athlètes y recourent actuellement, cela pourrait en être tout autrement dans 5, 10, 15 ans d'ici. « Plusieurs études et réflexions sont déjà entamées à ce sujet. Nous serons prêts », tranche Christiane Ayotte.

Il le faut, car la lutte contre le dopage ressemble à celle menée contre d'autres crimes : on observe un écart constant entre les moyens dont disposent les « policiers » pour effectuer leur travail et ce que les « malfaçons » investissent pour s'y soustraire. « On oublie que le système sportif, à l'image de la société, est teinté par l'atteinte de l'excellence à tout prix, fait valoir Laurent Turcot. C'est le système capitaliste : on fait tout ce qui est en notre pouvoir pour accéder aux plus hautes sphères, quitte à tricher au passage. »

Ainsi, la roue continuera de tourner : les grands champions risqueront encore le tout pour le tout ; leurs statues ne cesseront d'être déboulonnées ; et les médias en feront leurs choux gras. ■

Commotions cérébrales : *la science progresse*

Une commotion cérébrale sur deux n'est jamais décelée. Pour renverser la tendance, des chercheurs perfectionnent les techniques de détection et les protocoles de guérison. Par Maxime Bilodeau



ERIC WAGNAC

Le Québec est le premier endroit au monde à s'être doté d'un protocole de gestion des commotions cérébrales – c'est dire comme le sujet s'est élevé au rang de préoccupation collective au cours des dernières années! Publié en 2017, le document gouvernemental d'une douzaine de pages détaille la marche à suivre en cas de traumatisme craniocérébral léger (TCL). Surtout, il cristallise la prise de conscience du milieu sportif vis-à-vis d'un fléau qui touche plusieurs disciplines. «Tous les intervenants, des joueurs aux parents en passant par les fédérations, sont plus que jamais sensibilisés aux commotions cérébrales. C'est sur toutes les lèvres», confirme **Éric Wagnac**, professeur au Département de génie mécanique de l'École de technologie supérieure (ÉTS) de Montréal.

Malgré tout, les commotions cérébrales sont encore très fréquentes. Selon l'expert en traumatologie, jusqu'à une commotion sur deux n'est jamais détectée. Les joueurs de soccer sont tout particulièrement à risque. Paradoxal pour un sport qui, en théorie, n'implique pas de contacts! «C'est un des rares sports dans lequel on utilise activement sa tête. Or, ces impacts répétés causent des microdéchirures au cerveau qui, à long terme, peuvent provoquer des symptômes de commotion cérébrale comme les maux de tête ou les pertes de mémoire», explique le jeune chercheur.

Mise en jeu

Le risque réel auquel sont exposés les as du ballon rond n'a toutefois jamais été calculé. La raison: il est difficile de mesurer les accélérations de la tête subies

Joueuses portant le bandeau conçu par des chercheurs de l'ÉTS pour mieux détecter les différents types d'accélération de la tête.



Le soccer est l'un des rares sports dans lequel on utilise activement sa tête. Or, ces impacts répétés causent des microdéchirures au cerveau qui, à long terme, peuvent provoquer des symptômes de commotion cérébrale comme les maux de tête ou les pertes de mémoire.
 – **Éric Wagnac, chercheur à l'ÉTS**

par des joueurs sur le terrain lorsque les instruments de détection sont dotés... de fils. Résultat : les rares études parues sur le sujet ont été principalement réalisées en laboratoire, « ce qui est plutôt imparfait », souligne **Éric Wagnac**. Avec son collègue **Yvan Petit**, aussi du Département de génie mécanique de l'ÉTS, et la doctorante **Caroline Lecours**, il a donc entrepris de corriger la situation. Pour y arriver, les collaborateurs ont misé sur le SIM-G, un bandeau constitué d'un gyroscope et de deux accéléromètres qui a le mérite de se faire facilement oublier.

Huit joueurs et 16 joueuses de bon niveau et âgés de 18 à 24 ans ont ainsi enfilé ce petit bijou technologique avant de s'affronter dans des matchs « amicaux ». Les accélérations de la tête des participants ont été enregistrées tout au long de leurs passes d'armes, qui étaient elles-mêmes captées par l'œil attentif d'une caméra. Le but : distinguer les différents types d'accélérations subies par la boîte crânienne, puis déterminer le risque de commotion cérébrale associé à chaque type. « Nous nous attendions à ce que les mouvements de rotation, comme une redirection du ballon, soient plus dangereux, puisqu'ils provoquent du cisaillement entre les matières blanche et grise du cerveau », affirme **Éric Wagnac**.

Leurs doutes ont été confirmés : tant chez les

hommes que chez les femmes, les techniques de tête, et tout particulièrement celles où s'effectue un mouvement de rotation, ont entraîné des accélérations potentiellement dommageables. Les impacts involontaires, comme la collision entre deux joueurs, étaient aussi synonymes de risques, mais bien moindres. Les défenseurs sont, semble-t-il, plus touchés que les attaquants. « La prochaine étape est d'établir des seuils de détection spécifiques au soccer, puisque les seuils utilisés dans cette étude pilote sont ceux en vigueur au football, les seuls dont nous disposons encore. À terme, nous voulons mettre le doigt sur des patrons distincts de coups à la tête qui causent des commotions cérébrales », révèle le scientifique.

Le meilleur traitement? Le sport!

Une fois la détection des commotions cérébrales facilitée, encore faut-il proposer un traitement adéquat. C'est ce qui intéresse **Philippe Fait**, professeur au Département des sciences de l'activité physique de l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR) et fondateur de la Clinique Cortex, qui se spécialise dans la prise en charge du TCL. « J'aime dire que je fais de la recherche appliquée : les cas que je rencontre à la clinique nourrissent mes projets et vice versa. Ce sont des vases communicants », fait valoir ce précurseur – sa clinique est la première du genre à avoir ouvert ses portes au Québec.



GRAHAM HUGHES/LA PRESSE CANADIENNE

En février 2018, les Canadiens de Montréal annonçaient que leur gardien de but, Carey Price, souffrait d'une commotion cérébrale, résultat d'un tir violent à la tête durant un match contre les Flyers de Philadelphie.

Ses recherches portent entre autres sur les pertes de capacités fonctionnelles qui découlent des commotions cérébrales. Dans le cadre d'une étude parue en 2014 dans le *Journal of Neurotrauma*, il a par exemple demandé à 13 jeunes âgés de 9 à 15 ans aux prises avec des séquelles de commotion cérébrale d'accomplir deux tâches simultanément; la première sollicitait la mémoire alors que la seconde, qui consistait à appuyer sur des boutons à un certain rythme, faisait appel aux capacités motrices fines. Au final, les jeunes athlètes éprouvaient davantage de difficulté que leurs coéquipiers non blessés à réaliser cette double tâche. Des clichés obtenus à l'aide de l'imagerie par résonance magnétique montraient d'ailleurs un fonctionnement anormal des structures activées dans l'accomplissement de ces tâches, ce qui explique les pertes de capacités fonctionnelles des sujets.

Philippe Fait croit au potentiel de l'activité physique pour aider les jeunes – et les moins jeunes – victimes à remonter la pente à la suite d'une commotion cérébrale. Une idée banale en apparence, mais néanmoins radicale. « Historiquement, le traitement pour la

commotion cérébrale a toujours été le repos. Quand j'ai commencé à explorer la possibilité de faire suivre aux commotionnés un programme d'exercice, on riait donc un peu de moi », raconte-t-il. Les résultats ont pourtant été au rendez-vous : au sein d'un groupe de 15 jeunes sportifs à qui l'on a prescrit un entraînement aérobie de faible intensité, la gravité des symptômes de la commotion cérébrale a diminué après une quarantaine de jours, pouvait-on lire dans les pages du *British Journal of Sports Medicine* en 2017.

La recherche du meilleur protocole de guérison d'une commotion cérébrale n'est pas une sinécure. Selon l'expert, plusieurs facteurs comme l'âge et le sexe des victimes, de même que la gravité des coups, la récurrence et la persistance des symptômes, influent sur l'approche à préconiser. « On commence à peine à reconnaître qu'il existe différents types de maux de tête selon la nature du TCL. Des serremments diffus n'indiquent pas la même chose qu'une douleur localisée ou que des vertiges », illustre-t-il. Le chemin vers des interventions véritablement personnalisées sera encore long. Au moins, la marche est bien entamée. ■



Quand j'ai commencé à explorer la possibilité de faire suivre aux commotionnés un programme d'exercice, on riait un peu de moi.

– Philippe Fait, chercheur à l'UQTR

La victoire, une avancée t

Que ce soit pour grimper sur le podium ou simplement pour garder la santé, un sportif peut aujourd'hui compter sur la technologie pour atteindre ses objectifs. Par Maxime Bilodeau



Le logiciel NeuroTracker entraîne les capacités cognitives.

NEUROTRACKER

// Muscler son cerveau pour de vrai!

Bon an, mal an, l'Impact de Montréal, les Canucks de Vancouver, les Falcons d'Atlanta et le Manchester United connaissent du succès sur le terrain. Cela, ces équipes le doivent en partie au NeuroTracker, un logiciel de suivi d'objets multiples en 3D conçu par la PME montréalaise CogniSens. Le principe de ce programme d'entraînement cognitif est simple. À l'écran, plusieurs balles défilent simultanément. L'utilisateur doit suivre le mouvement de certaines tout en ignorant sciemment les autres. Au fil du temps, la difficulté augmente : le nombre de balles se multiplie, leur vitesse s'accroît, des tâches doubles sont imposées. Les capacités attentionnelles et cognitives sont alors mises à rude épreuve.

« Chez des adeptes de sport de groupe, comme le soccer ou le football, ces exercices développent la capacité à gérer des situations de jeu complexes », explique **David Labbé**, de l'École de technologie

supérieure (ÉTS). « Les joueurs entraînent leur vision périphérique et apprennent à focaliser leur attention sur un ou plusieurs éléments. Au final, ils ont plus de ressources cognitives à allouer à leur performance et ils se blessent moins », souligne-t-il. Sur le terrain, cela se traduit par de meilleures performances individuelles et collectives. Du moins, en théorie.

Avec son équipe, le professeur du Département de génie logiciel et des technologies de l'information a entrepris de le vérifier. Ensemble, ils ont réalisé plusieurs études à l'aide du NeuroTracker dans les cinq dernières années, notamment auprès de joueurs de hockey. « Parmi nos belles découvertes, nous avons constaté que les utilisateurs du logiciel prennent de meilleures décisions en situation de jeu. De plus, leurs ligaments croisés antérieurs sont moins durement mis à l'épreuve, ce qui laisse croire à une fréquence moindre de blessures », énumère-t-il.

Parvenir à démontrer l'efficacité d'une solution d'entraînement cognitif, commerciale de surcroît, n'est pas une mince affaire. Dans une étude publiée l'an passé, le Global Council on Brain Health concluait à l'inefficacité généralisée des outils de gymnastique mentale et autres applications de musculation de la



technologique à la fois



Frédéric Domingue, professeur au Département de génie électrique et génie informatique, et Claude Lajoie, professeur au Département des sciences de l'activité physique, tous deux à l'UQTR.

matière grise. Selon cette organisation indépendante composée de chercheurs dans le domaine, les preuves en faveur de ces outils sont tout simplement inexistantes. Sauf dans le cas du NeuroTracker, dont la validité a bel et bien été confirmée par la science.



Ils chassent les secondes

Frédéric Domingue et **Claude Lajoie** sont en quête de watts. Et pas n'importe lesquels : ceux qui permettent d'atteindre la plus haute marche du podium et ceux qui condamnent à l'anonymat du peloton. « Nous travaillons avec des cyclistes de haut niveau dont la forme physique est plafonnée. Leur puissance aérobie maximale ne monte plus, leur seuil lactique est stable... Chez eux, de simples corrections de position et d'équipement peuvent procurer des gains énormes », explique Claude Lajoie, professeur au Département des sciences de l'activité physique de l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR).



Avec son collègue Frédéric Domingue, professeur au Département de génie électrique et génie informatique de l'UQTR, le chercheur du Laboratoire d'innovations et technologies pour le sport et la performance humaine est en voie de disposer d'une expertise unique en matière d'amélioration des performances à vélo et, dans une moindre mesure, au triathlon. Dans les derniers mois, le duo a bourlingué aux quatre coins de la planète afin d'acquérir le savoir nécessaire à ce noble dessein. Lorsque *Québec Science* les a joints, ils venaient de passer une semaine en soufflerie à Mooresville, en Caroline du Nord. Un séjour pendant lequel ils ont

étudié les effets de l'écoulement de l'air sur le corps d'athlètes – la friction de l'air est la principale résistance que rencontre un cycliste à l'effort sur le plat. Mais, surtout, un séjour onéreux : le tarif horaire pour utiliser de telles installations oscille autour de 400 \$!

Les données recueillies alors représentent un investissement à long terme. « Notre objectif est de concevoir une soufflerie virtuelle, un

logiciel 3D qui créera des positions dans le confort de notre laboratoire. On pourra ainsi s'atteler à la chasse aux secondes sans même visiter une véritable soufflerie, une aubaine», affirme Claude Lajoie. Cette démarche sera multidisciplinaire ; elle engagera aussi bien des ingénieurs que des kinésiologues par exemple. En outre, elle s'articulera autour d'étapes logiques qui nécessiteront chacune un appareillage propre, comme l'électromyographie et la spectroscopie dans le proche infrarouge.

Bien que très appliquées, ces recherches sont susceptibles d'avoir de précieuses retombées scientifiques. À terme, elles pourraient permettre de désigner les facteurs qui limitent la performance chez les cyclistes de haut niveau, rien de moins. «Nous pourrions cibler des constantes chez ces athlètes, s'il y en a bien sûr. Chez l'élite, il est parfois difficile de généraliser la portée des résultats, puisque chaque cas est à priori unique. Or, encore faut-il le prouver», indique celui dont le laboratoire pourrait bientôt se métamorphoser en chaire de recherche sur les méthodes innovantes pour la performance en cyclisme.

sous le bistouri à un programme de réadaptation physique. Voilà ce que souhaite explorer **Neila Mezghani**, titulaire de la Chaire de recherche du Canada en analyse de données biomédicales de la Télé-université (TÉLUQ) en mesurant en temps réel et automatiquement la quantité d'exercices réalisés. «Ces patients ont tendance à surestimer leur niveau réel d'activité physique», constate la chercheuse.

Avec son équipe, elle recrutera dans les prochains mois une centaine de sujets, la moitié en forme et l'autre moitié aux prises avec un problème cardiaque en voie (ou non) de guérison. Sous l'œil attentif d'une caméra, chacun exécutera 16 mouvements à cinq reprises pendant plusieurs minutes. Cette base de données de plusieurs milliers d'heures alimentera ensuite des algorithmes élaborés par Neila Mezghani. «Nous enseignerons à une machine à reconnaître et à distinguer entre eux les mouvements. Comme un enfant qui apprend l'alphabet, elle deviendra meilleure au fur et à mesure de son apprentissage», mentionne-t-elle. La richesse des données collectées aura un effet certain, spécifie la scientifique. La preuve : grâce à une telle approche, elle a obtenu un taux de succès de 97% lors de la conception récente d'une application mobile capable de détecter les chutes.

Ces textiles intelligents émettent un signal dont la précision exige la plus grande attention, souligne **Tiago H. Falk**, professeur à l'Institut national de la recherche scientifique (INRS). «S'il est facile à mesurer lorsqu'on s'assoit calmement dans un laboratoire, sa précision tend à se dégrader rapidement lorsqu'on bouge. L'activité électrique du cœur se perd alors dans un océan de bruits», signale-t-il. Le contexte souffre alors de ces interférences : la courbe anormale de l'électrocardiogramme est-elle synonyme d'anomalie cardiaque? Ou est-elle simplement due à la fatigue inhérente à un effort physique vigoureux? Impossible pour l'utilisateur de le savoir avec certitude.

Par le passé, Tiago H. Falk a travaillé sur la reconnaissance automatique de la parole, un domaine dans lequel le message se détériore à cause du bruit ambiant et de la réverbération entre autres. De manière surprenante, ces recherches utiles pour l'amélioration des commandes vocales qui colonisent nos gadgets le sont également pour le perfectionnement des vêtements intelligents. «La parole, comme l'activité cardiaque, musculaire ou cérébrale, a une signature distincte. L'objectif est de déceler ces patrons, puis de les séparer du bruit ambiant», dit l'expert en apprentissage des machines et coauteur d'un brevet qui détaille le procédé complexe pour y arriver. Coïncidence : il mène ses recherches en collaboration avec... Carré Technologies, l'entreprise québécoise derrière l'Hexoskin. ■



Neila Mezghani, titulaire de la Chaire de recherche du Canada en analyse de données biomédicales de la TÉLUQ

DENIS BEAUMONT/TÉLUQ

// Un chandail, mille enjeux

Le chandail intelligent Hexoskin habille les astronautes de la Station spatiale internationale, des athlètes de haut niveau comme les sœurs Dufour-Lapointe et... des candidats à la chirurgie cardiaque. Ce textile bourré de capteurs et d'accéléromètres, produit par l'entreprise québécoise Carré Technologies, pourrait aider à évaluer le taux d'adhésion des patients fraîchement passés

Le sport contre *le Big Mac*

Dans une étude inspirée du film *Super Size Me*, un chercheur montre que l'entraînement à haute intensité peut compenser les effets néfastes de la malbouffe. Par Annie Labrecque

Dans le documentaire *Super Size Me*, sorti en 2004, l'Américain Morgan Spurlock se nourrit exclusivement de repas chez McDonald's pendant un mois. Au terme de cette période, il constate qu'il a pris 11 kg et qu'il a un taux de cholestérol élevé, des sautes d'humeur et des problèmes de foie notamment.

Ce film a inspiré une étude d'**Antony Karelis**, chercheur en sciences de l'activité physique à l'Université du Québec à Montréal (UQAM). « On sait que la malbouffe augmente les risques de maladies cardiovasculaires et que l'entraînement par intervalles est une méthode très efficace pour diminuer les complications métaboliques associées à ces maladies. Pourquoi ne pas combiner les deux? » s'est demandé le chercheur, qui a travaillé en collaboration avec son collègue **Christian Duval**, également de l'UQAM.

« Il y a près de 90 millions d'Américains qui mangent de la malbouffe quotidiennement. Des athlètes se disent qu'ils peuvent eux aussi en manger s'ils font de l'exercice. L'entraînement protège, oui, mais on ne sait pas jusqu'à quel point », ajoute Antony Karelis.

À la différence du film, leur expérience à saveur de Big Mac s'est déroulée sur 14 jours – à la demande du comité d'éthique de la recherche – et comprenait une séance quotidienne d'entraînement intense. Les 15 volontaires étaient tous des hommes actifs physiquement et âgés de 18 à 30 ans.

Ces derniers n'ont pas rechigné à l'idée d'avaloir un trio McDo pour déjeuner, dîner et souper. « C'est la partie "entraînement" qui s'est révélée un défi pour eux », souligne le chercheur.

L'entraînement par intervalles à haute intensité consistait en 15 sprints d'une minute, entrecoupés d'une minute de marche



sur un tapis roulant. « La littérature scientifique démontre que c'est une méthode très efficace pour obtenir des bienfaits pour la santé. Le concept de cet entraînement est qu'on fatigue le muscle, on le repose et on le fatigue de nouveau », explique Antony Karelis.

Grâce à cet entraînement, les participants dépensaient entièrement les quelque 3 441 calories consommées tous les jours en moyenne. En revanche, ils ingurgitaient 4 724 mg de sodium par jour, alors que Santé Canada recommande un apport maximal de 2 300 mg...

L'effet protecteur du sport

Au bout des deux semaines, l'équipe de chercheurs a comparé les bilans de santé des participants avant et après l'expérience. Mis à part des problèmes gastro-intestinaux mineurs rapportés par deux volontaires, la majorité a conservé un bon état de santé, apprend-on dans l'étude publiée dans le journal *Nutrients* en août 2017. « En général, on constate qu'il n'y a pas eu de détérioration de la plupart des paramètres à l'étude [NDLR : pression artérielle, taux d'insuline et de glucose entre autres]. Un seul, le niveau de bon cholestérol, avait diminué après l'expérience », mentionne Antony Karelis.

Même si l'entraînement par intervalles à haute intensité peut avoir un effet protecteur contre la malbouffe, le chercheur indique que des études supplémentaires sont requises pour le confirmer. Il aurait d'ailleurs souhaité répéter l'expérience chez les femmes ou sur un plus grand groupe par exemple. « Notre objectif était d'arriver à déterminer le seuil d'activité physique minimal nécessaire. Mais faute de financement, l'étude n'a pas été prolongée ». Il vaut donc mieux tempérer ses envies de malbouffe! ■



Geneviève Forest, directrice du Laboratoire du sommeil de l'Université du Québec en Outaouais, et l'une de ses étudiantes

Le sport, une affaire de tête!

Pour se surpasser, un athlète doit veiller à s'entraîner aussi mentalement. Pour cela, il peut compter sur des spécialistes qui s'intéressent autant à son sommeil et à sa motivation qu'à son image corporelle. Par Annie Labrecque



Le désavantage du décalage horaire

Les équipes sportives de l'Est, comme les Canadiens de Montréal, sont-elles défavorisées lorsqu'une partie se joue dans un autre fuseau horaire? C'est ce qu'a voulu savoir **Geneviève Forest**, directrice du Laboratoire du sommeil de l'Université du Québec en Outaouais (UQO), qui s'intéresse à l'effet de la perturbation du rythme circadien (communément appelé « horloge biologique ») sur la performance.

En collaboration avec Jonathan Roy, un étudiant à la maîtrise (non, il ne s'agit pas du fils de Patrick Roy!), elle a analysé les liens entre le lieu des matchs et leur issue – victoire ou défaite – chez des équipes professionnelles de hockey, de baseball et de basketball de 2010 à 2015. Leurs constats? Si le match a lieu dans l'Ouest en après-midi, tout le monde part sur un pied

d'égalité, peut-on lire dans leur article publié dans le *Journal of Sleep Research* en 2017. Mais si la partie a lieu le soir, et toujours dans l'Ouest, l'équipe locale est avantagée. L'équipe de hockey en voyage gagnera 41,6% des matchs, comparativement à 46,6% à domicile.

« Même s'il n'est que 19 h, le corps se prépare à dormir, car, pour l'équipe en déplacement [de l'Est], il est 23 h ou minuit, rappelle Geneviève Forest. Nous avons observé ce désavantage sur la performance pour les trois sports, mais il est plus important pour le basketball et le hockey. Au football, l'effet est tout aussi prononcé, mais il ne se démarque pas sur le plan des statistiques, possiblement parce qu'il y a moins de parties au calendrier et que les joueurs disposent de plus de temps entre deux parties pour s'adapter au changement d'horaire. »

Quant aux équipes originaires de l'Ouest, elles ne subissent pas d'effet notable lorsqu'elles se déplacent vers l'Est, peu importe le sport.

Cette étude sert de prémisse au projet de recherche

auquel se consacre actuellement Geneviève Forest : « On s'intéresse aux jeunes athlètes des programmes sport-études au secondaire qui s'entraînent intensivement alors qu'ils vivent des changements majeurs. À l'adolescence, leur horloge biologique se déphase : ils se couchent et se réveillent tard. Mais avec leur horaire très contraignant, ils doivent se lever très tôt et ne dorment pas les 10 heures nécessaires par nuit. Quelle est l'influence de ce déficit de sommeil sur les performances sportive et scolaire ? » Les résultats de cette nouvelle étude devraient paraître en 2019. Comme quoi, il ne faut jamais négliger les bras de Morphée, qu'on joue dans les ligues majeures ou mineures !



Attitude gagnante, résultats gagnants

Comme disait Bob dans le film *Les boys*, « la dureté du mental » peut expliquer une mauvaise ou une bonne performance. C'est justement l'une des spécialités de **Jacques Plouffe**, chercheur en kinésiologie à l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC).

Au début de sa carrière, les athlètes professionnels se préoccupaient peu de leur état d'esprit. « Il y a 30 ans, les athlètes avaient peur d'avouer qu'ils avaient une faiblesse mentale ou des problèmes de motivation. C'était tabou. Maintenant, ils comprennent qu'il leur faut un *coach* mental au même titre qu'un *coach* derrière le banc. »

Le préparateur mental aide les athlètes à conserver une attitude positive et à envisager l'épreuve sportive comme un défi et non comme une menace, une intervention à mille lieues d'une séance de psychothérapie. « Il y a quatre composantes dans la force mentale : la motivation, la confiance, la concentration et la relaxation, énumère Jacques Plouffe. L'athlète aura la force mentale nécessaire pour exploiter tout son potentiel si ces composantes sont développées à leur maximum. »

Pour arriver à cette disposition particulière, les sportifs peuvent se remémorer les meilleures périodes de leur vie sportive ou de leur vie en général, se concentrer sur des pensées positives, contrôler leur respiration, répéter des mots riches de sens et faire du yoga ou de la méditation. « On les aide à être absorbés par le moment présent et à éliminer toutes les distractions possibles. »

Mais l'entraînement mental ne donne pas de résultats du jour au lendemain. « Beaucoup font l'erreur de s'entraîner mentalement à la dernière minute, avant une compétition importante. Il faut s'exercer tous les jours, comme on le fait avec son corps », précise Jacques Plouffe.

C'est encore plus vrai pour les Jeux olympiques. Selon Jacques Plouffe, il faut les aborder comme un objectif à long terme et viser une excellente performance plutôt qu'une médaille. « Ceux qui veulent absolument un podium ont peur de perdre, ce qui les empêche de véritablement se concentrer, de se détendre et de se motiver pour donner le meilleur d'eux-mêmes. »



Le sport qui rend malade

L'activité sportive a une action bienfaisante indéniable sur la santé, mais elle peut également provoquer chez les athlètes des troubles du comportement alimentaire (TCA). Pensons à l'anorexie sportive, présente notamment chez les femmes qui veulent devenir minces, et à la dysmorphie musculaire, rencontrée principalement chez les hommes qui souhaitent augmenter leur masse musculaire.

Johana Monthuy-Blanc, directrice du Laboratoire de recherche interdisciplinaire sur les troubles du comportement alimentaire en lien avec la réalité virtuelle et la pratique physique, le Loricorps, à l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR), mentionne que certains sports sont plus susceptibles de mener à des déséquilibres alimentaires. « Les judokas, surtout les hommes, sont particulièrement assujettis à la fluctuation pondérale de performance, qu'on nomme "effet yoyo". Ils essaient d'être à la limite inférieure de poids d'une catégorie et prennent ensuite le plus de masse possible en 48 heures avec des stratégies pouvant conduire à des TCA, comme l'utilisation excessive de séances de sudation ou la suralimentation », décrit-elle.

Les plongeurs et les patineurs artistiques, eux, sont obligés de maintenir une silhouette parfaite pour répondre aux exigences tant physiques qu'esthétiques de leur discipline.

Malheureusement, plusieurs athlètes touchés par ces troubles ne consultent un spécialiste que lorsque la situation est devenue presque irréversible. « Les symptômes sont déjà tellement graves qu'on doit "sortir" le sportif de sa pratique », dit Johana Monthuy-Blanc. Le médecin prescrit carrément un arrêt de tout entraînement, un drame pour un athlète.

Le Loricorps, en collaboration avec le Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec, a donc créé un programme d'intervention qui vise la clientèle sportive aux prises avec des troubles alimentaires légers ou modérés dans l'espoir de résoudre à temps leurs difficultés. Et de favoriser une pratique du sport la plus saine possible. ■



Certains sports sont plus susceptibles de mener à des déséquilibres alimentaires.

– **Johana Monthuy-Blanc**



Le sport pour mettre les villes en valeur

Le professeur André Richelieu étudie comment la réputation d'une ville ou d'un pays peut se faire (et se défaire) grâce au sport.

Par Marie Lambert-Chan

ANNIE SPRATT/JUNSPASH



New York a les Yankees, le Madison Square Garden et le US Open. Londres a le Chelsea, l'Arsenal et Wimbledon. Montréal a les Canadiens, la Coupe Rogers et, quoi qu'on en pense, le Stade olympique.

Depuis plusieurs années maintenant, l'image d'une destination passe entre autres par le sport, qu'il s'agisse d'organiser une manifestation d'envergure comme les Jeux olympiques ou de devenir le domicile d'une équipe reconnue. Même les contrées moins développées s'y mettent, tel l'Azerbaïdjan qui, pour séduire les touristes, accueille un Grand Prix de formule 1 depuis 2016.

Miser sur le sport pour asseoir sa renommée peut s'avérer une excellente idée, mais aussi, parfois, une catastrophe. À ce sujet, on se souviendra de l'échec retentissant de la course de formule E qui s'est tenue à

Montréal en 2017. Comment les décideurs peuvent-ils y voir plus clair? **André Richelieu**, professeur à l'Université du Québec à Montréal (UQAM), a analysé une centaine d'études scientifiques et pratiques pour en tirer une stratégie qui a fait l'objet d'une publication l'automne dernier dans la revue *Sport, Business and Management*. Il nous en livre ici les grandes lignes.

Vous observez depuis plus de 15 ans le monde du sport. Au cours de cette période, comment les villes et les pays ont-ils utilisé le sport pour accroître leur visibilité?

À une époque pas si lointaine, le sport n'était que du sport: un match, des spectateurs, des



André Richelieu

© UQAM/SERVICE DE L'AUDIOSUJET

hot-dogs. Aujourd'hui, le sport est une expérience. On le voit par exemple à Las Vegas, où les matchs des Golden Knights sont ponctués de spectacles à grand déploiement. Ce qui demeure, toutefois, à travers le temps, c'est le caractère rassembleur du sport. Voilà pourquoi les villes et les pays utilisent le sport pour attirer des touristes et se mettre en valeur sur la scène internatio-

nale. Cela s'opère grâce aux rendez-vous sportifs, mais aussi aux ligues. Depuis les années 1980, la NBA [National Basketball Association] a travaillé très fort pour se faire connaître en Chine. Résultat, ses matchs y sont désormais six fois plus populaires que les trois plus importants championnats

de soccer européen réunis. Des Chinois voyagent d'ailleurs aux États-Unis juste pour assister à des parties de basket.

Que proposez-vous aux gouvernements qui désirent accueillir des épreuves sportives pour redorer leur image ?

Je ne veux pas donner l'impression que c'est une recette, car chaque cas demeure particulier. Mais de manière générale, tout doit démarrer par une vision à long terme où l'on pense à léguer un héritage socioéconomique à la population. Cela signifie que le sport n'est pas une finalité, mais un moyen pour améliorer les conditions de vie des habitants. Ainsi, à Singapour, la piste du Grand Prix de formule 1 est un circuit routier utilisé toute l'année par les citoyens. En Pologne, en 2012, à l'occasion du Championnat d'Europe de soccer, le

gouvernement a investi davantage d'argent dans les routes, les autoroutes et les tramways que dans les stades. On a aussi construit une voie rapide pour réduire la durée du trajet entre la Pologne et l'Allemagne. Dans ce cas-ci, ce fut bon à la fois pour la population locale et pour les acteurs économiques.

Malheureusement, il arrive encore trop souvent qu'on se concentre sur le côté «bling-bling» d'une rencontre sportive. La suite se révèle affligeante. À Athènes, il pousse des oliviers sur des terrains neufs qui n'ont servi qu'aux compétitions de baseball et de softball aux Jeux olympiques de 2004. À Rio, le mythique stade Maracãna est laissé à l'abandon. C'est sans parler de Sochi, une ville désertée après que la Russie y a dépensé 55 milliards de dollars américains pour les Jeux d'hiver de 2014.

C'est en raison de ces coûts exorbitants que les candidatures n'affluent pas au Comité international olympique. Le jeu en vaut-il vraiment la chandelle ?

Organiser de grandes manifestations sportives vaut la peine pour les villes et les pays qui ont une faible notoriété sur la scène internationale. Cela leur permet de se «mettre sur la carte». C'est également ce que recherchent des pays qui ont des desseins politiques et qui, à ces fins, instrumentalisent le sport, quitte à le vampiriser. Je pense notamment à la Russie et au Qatar.

Parallèlement, un mouvement émerge à travers l'Europe et l'Asie : des populations refusent d'accueillir les Jeux olympiques parce qu'elles estiment le retour trop faible. Et elles ont raison. Prenez seulement la Coupe du monde de soccer. C'est le pays hôte qui assume entièrement les risques sans recevoir de contribution équitable de la Fédération internationale de football association (FIFA). Ainsi, si une horde de hooligans détruit des installations, la facture est épongée par le gouvernement. À ce chapitre, je crois que Montréal et les autres villes d'Amérique du Nord qui organiseront la Coupe du monde de 2026 ont raté une occasion de mieux négocier avec la FIFA. Elles ne sont pas les seules : bien des villes et des pays n'ont pas encore compris qu'ils ont le gros bout du bâton par rapport aux grandes organisations sportives en raison de la rareté des candidatures.

Dans votre étude, vous affirmez que les plus petits rendez-vous sportifs, comme les défis cyclistes, sont plus gratifiants pour les villes que les gros. Pourquoi ?

Oui, cela semble contre-intuitif, mais pratiquement toutes les études le montrent. Les petites manifestations sportives impliquent des enjeux politiques moins grands. On se soucie davantage d'utiliser les installations dont on a vraiment besoin. C'est moins grandiose et donc il y a moins d'intrusion de politiciens, de célébrités et de commanditaires. À la fin, les bénéfices sont mieux distribués entre toutes les parties prenantes. Mais par-dessus tout, ces rencontres favorisent une réelle participation sportive de la communauté et l'adoption de saines habitudes de vie. C'est l'héritage du sport dans sa plus belle expression. ■

À gauche, la tour du Stade olympique de Montréal. Ci-dessous, le stade Maracãna, au Brésil, laissé à l'abandon, et les installations olympiques des Jeux de Sochi, en Russie, qui ont coûté 55 milliards de dollars.



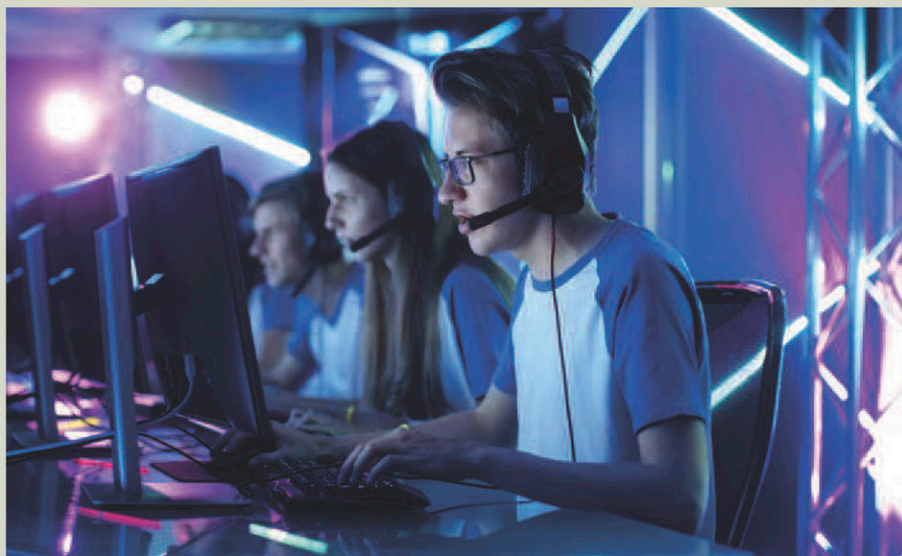
ISTISHARP/ISTOCKPHOTO



WIKIPEDIA

L'essor fulgurant du sport électronique

Des millions de spectateurs regardent des tournois de jeux vidéos sur le Web ou dans des stades remplis à craquer. Qu'est-ce qui explique cet engouement ? Par Annie Labrecque



Pour les non-initiés, le sport électronique est déroutant : des joueurs professionnels font du jeu vidéo leur métier à temps plein et se rassemblent, l'instant d'un tournoi, devant des milliers d'adeptes qui les regardent jouer. Cela n'a rien d'une lubie. D'ici la fin de 2018, le chiffre d'affaires mondial du sport électronique s'élèvera à 906 millions de dollars américains et l'assistance globale pourrait atteindre 380 millions de personnes, selon la firme Newzoo. Pas de doute possible, les jeux vidéos pratiqués en réseau ont la cote !

Simon Dor, professeur en études vidéo ludiques à l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT), raconte que le sport électronique a pris son envol avec les compétitions de *StarCraft* à la fin des années 1990, en Corée du Sud. Ce jeu de stratégie en temps réel (STR) se déroule dans un univers de science-fiction où trois types d'armées s'affrontent dans la Voie lactée. Sa popularité est si grande qu'on publie les résultats des matchs dans les journaux coréens. « Des organisations financées par des compagnies comme Sam-

sung ont mis en place les premières équipes de joueurs à l'époque, relate le chercheur. Deux chaînes spécialisées à la télévision diffusaient des parties de *StarCraft* presque 24 heures sur 24 ! Le modèle s'est propagé en Europe et en Amérique dans les années 2010. »

Plus populaire que Djokovic

Loin d'avoir une intrigue linéaire et prévisible, les jeux de STR comme *StarCraft* et *Age of Empires* offrent une possibilité infinie de scénarios pour divertir le public. « Les joueurs utilisent des tactiques communes, mais la manière dont ils jouent change au fil du temps et peut même différer d'une région à l'autre, remarque Simon Dor, qui est spécialisé dans l'histoire de ce genre de jeux. À un certain moment, un joueur créera une nouvelle stratégie

qui surprendra le reste des joueurs, qui vont tenter de l'adopter par la suite. »

D'autres formes de jeux connaissent aussi un vif intérêt, tels que les jeux de tir à la première personne (le joueur voit à l'écran ce que son personnage voit ; c'est le cas d'*Overwatch*) et les *battle royale*, où le but est de survivre (*Fortnite*, *PUBG*).

Plusieurs éléments ont contribué à propulser le sport électronique, mais c'est surtout la transmission des tournois en direct qui a fait découvrir ce passe-temps à un large auditoire. La plateforme Twitch, lancée en 2011, permet à n'importe qui de publier ses parties en temps réel, mais on y regarde surtout les joueurs professionnels concourir. « Les joueurs ont formé leur propre communauté d'inconditionnels grâce à Twitch, mentionne Simon Dor. Ils y interagissent avec eux. » Ces personnalités intéressent un public parfois plus large que celui des sports traditionnels. Par exemple, le joueur américain Tyler « Ninja » Blevins réussit à attirer 32,3 millions d'abonnés comparativement au joueur de tennis Novak Djokovic, qui est suivi par 20,2 millions de partisans.

Voyant le pouvoir attractif du sport électronique, des commanditaires n'hésitent pas à investir des millions pour s'y associer. Même les sports classiques entrent dans l'arène, comme la National Basketball Association (NBA), qui possède maintenant sa propre ligue électronique avec 17 équipes et qui a obtenu 152 millions de vues sur les réseaux sociaux lors des finales. La NBA pourrait bien avoir misé juste : selon certaines prévisions, le sport électronique est en voie de détrôner le basket, le hockey et même le soccer dans le cœur des amateurs. ■

DU SPORT ÉLECTRONIQUE AUX JEUX OLYMPIQUES ?

Les joueurs de sport électronique ne seront pas conviés aux Jeux olympiques de Tokyo (2020), mais cela n'empêche pas le Comité international olympique de penser sérieusement à les accueillir dans de futurs jeux. Dans l'attente de la consécration, des stades voués à la discipline sont construits ; c'est le cas au Texas (1 000 spectateurs) et en Colombie-Britannique (250 spectateurs).

À l'Institute for Creative Technology, de l'Université de Californie du Sud, l'actrice Emily O'Brien a fait numériser son visage en très haute résolution dans un dispositif appelé LightStage. Ses expressions faciales, les changements de direction de son regard, les mouvements de ses lèvres ont été photographiés puis utilisés pour créer un double numérique de la jeune femme. Sorti en 2010, le projet Digital Emily, où on voit la «fausse» actrice s'exprimer dans une vidéo, est l'un des premiers projets à avoir franchi la «vallée de l'étrange», en montrant un humain numérique très crédible.



LE CINÉMA PEUT-IL SE PASSER DES ACTEURS?

Au cinéma, les effets spéciaux sont omniprésents, parfois spectaculaires, souvent imperceptibles. L'imagerie de synthèse s'attaque au dernier élément qui lui échappait: les acteurs.

PAR MARINE CORNIOU

Avec ses décors peints, sa fausse jungle de studio et son python en caoutchouc, le film a un côté kitch qui trahit son âge. Il n'empêche, la première adaptation cinématographique du *Livre de la jungle*, réalisée en 1942 par les frères Korda, est impressionnante: des dizaines d'animaux en chair et en os, dont un tigre, une panthère noire, des loups et des éléphants, partagent l'écran avec les acteurs.

Trois quarts de siècle plus tard, le réalisateur américain Jon Favreau a troqué la ménagerie contre les images de synthèse. Son adaptation du roman de Rudyard Kipling, sortie en 2016, est une remarquable prouesse technique. Seuls quelques accessoires et le jeune acteur Neel Sethi, qui campe Mowgli, sont réels. Tout le reste – animaux, paysages, brume, végétation – a été créé numériquement par une armée d'artistes d'effets spéciaux.

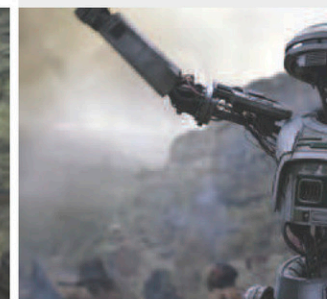
Filmé devant des écrans bleus, le comédien n'a rien vu de la jungle luxuriante, ajoutée en postproduction. Le résultat est époustouffant: des feuilles d'arbres aux brins d'herbe en passant par le pelage de Shere Khan, tout est parfaitement crédible. Si ce n'est, bien sûr, des animaux doués de langage!

Dans ce royaume numérique, la question s'impose: le prochain Mowgli sera-t-il virtuel? «C'est le rêve des studios de cinéma d'avoir des "acteurs" qui feront tout ce qu'on leur demande!» s'exclame Robin Tremblay, qui a travaillé comme animateur 3D sur de nombreux films et enseigne depuis 25 ans à l'École des arts numériques, de l'animation et du design à Montréal. «Sur une image statique, on est déjà capable de reproduire un humain parfaitement. C'est plus difficile de le faire bouger, mais c'est juste une question de temps avant qu'on y arrive», avance-t-il.

C'est aussi l'avis de Pierre Raymond, autre vétéran du domaine. «Je suis persuadé que, d'ici 5 à 10 ans, on aura des acteurs numériques, et les



OLEG ALEXANDER/MIKE ROGERS; WILLIAM LAMBETH/JEN-YUAN CHIANG/WAN-CHUN MA/CHUAN-CHANG WANG/PAUL DEBEVEC



L'actrice Phoebe Waller-Bridge a interprété le droïde L3-37 dans *Solo : une histoire de Star Wars*. Le studio Hybride a ensuite « effacé » l'actrice plan par plan tout en conservant le plus possible sa prestation et sa personnalité, pour un résultat très réaliste.

gens ne pourront pas faire la différence avec les vrais. Le *star system* hollywoodien volera en éclats ! On va manifestement vers ça, même s'il reste un mur éthique et technique à franchir », souligne celui qui a cofondé les studios Hybride en 1991.

Sous ses airs de chalet familial niché entre les sapins, la bâtisse où il nous reçoit, située à Piedmont, dans les Laurentides, abrite une centaine de spécialistes des effets spéciaux numériques ou VFX (pour *visual effects*). Elle a d'ailleurs dû être agrandie deux fois pour loger tout ce beau monde, alors que l'entreprise faisait sa place parmi les joueurs mondiaux. Tels des trophées de chasse tapissant les couloirs de ce *shack* de luxe, les affiches de films donnent une idée de la renommée d'Hybride : *Sin City*, *300*, *Monde jurassique*, *Avatar* et *Hunger Games*, pour ne nommer que ceux-là. L'équipe n'a pas travaillé sur *Le livre de la jungle*, mais nul doute qu'elle aurait eu les compétences pour le faire.

Les yeux de Pierre Raymond pétillent lorsqu'il décrit l'évolution fulgurante des technologies au cours des 25 dernières années, des premiers dinosaures 3D du *Parc jurassique* aux superhéros et autres créatures fantastiques ultraréalistes qui peuplent nos écrans aujourd'hui.

À l'instar des animaux du *Livre de la jungle*, cette intégration désormais parfaite du virtuel dans les images réelles ouvre la voie aux acteurs cent pour cent numériques, élargissant la palette des « partenaires de jeu » possibles. Les artistes d'Hybride ont ainsi travaillé sur L3-37, véritable fusion robot-humain, dans *Solo : une histoire de Star Wars*, sorti en 2018. Ils ont effacé plan par plan l'actrice qui a tourné les scènes pour la remplacer par un droïde plus vrai que nature, bougeant, respirant et marchant comme la jeune femme.

« Ce qui a permis d'atteindre un tel réalisme, c'est bien sûr l'augmentation

de la puissance de calcul et de stockage informatiques, et le raffinement des logiciels, capables notamment de recréer des atmosphères, des paysages, des animaux », détaille Pierre Raymond.

CAPTER LES ÉMOTIONS HUMAINES

Mais il y a un monde entre recréer une jungle ou un robot et animer le visage d'un acteur. « Il y a tellement d'émotions qui passent dans un regard. Et c'est très difficile de capter tous les détails du visage », observe-t-il. Pas facile, par exemple, de reproduire le mouvement des 43 muscles faciaux, la texture de la peau ou la façon dont elle réfléchit la lumière, en tenant compte de la présence des petits vaisseaux sanguins sous l'épiderme.

Le défi est tel que peu de réalisateurs se sont risqués à diriger des humains virtuels. Certes, il y a eu quelques exemples convaincants, le premier à faire mouche étant le vieillard qui rajeunit au fil du temps dans *L'étrange histoire de Benjamin Button* (2008). Pendant la première heure du film, le visage de Benjamin Button est entièrement numérique.

Ce qui lui donne son air humain, ce sont ses expressions, empruntées à Brad Pitt grâce à la technique de captation de performance, qui permet à des comédiens de prêter leur talent à des personnages virtuels. « Les émotions et le jeu peuvent être reproduits, mais on ne peut pas encore s'affranchir de la performance initiale d'un vrai acteur », commente Pierre Raymond.

À l'aide de marqueurs placés sur le visage d'un comédien, des caméras (souvent fixées sur un casque) enregistrent les expressions faciales au plus près, qui sont reportées ensuite sur un personnage animé. Dans le cas de Benjamin Button, l'équipe a fait appel aux chercheurs de l'Institute for Creative Technologies, de l'Université de Californie du Sud, qui ont

Pour *Le livre de la jungle*, de Jon Favreau, tous les décors et les animaux, partenaires de jeu de l'acteur Neel Sethi, ont été créés numériquement par les studios MPC et Weta Digital.



MPC/WETA DIGITAL



LES STUDIOS HYBRIDE

Copier les lois de la nature

Robin Tremblay l'affirme sans hésiter : humains mis à part, la barrière du réalisme a été franchie par les artisans des effets spéciaux. « Dans les films, depuis deux ou trois ans, je ne vois plus les défauts qui me gênaient dans les feux, les explosions ou les destructions. Il reste encore un peu de travail pour reproduire à la perfection les liquides, la neige, le sable, mais on a énormément progressé », constate celui qui se spécialise dans le photoréalisme, c'est-à-dire l'art d'observer les objets réels et de reproduire leurs propriétés en images de synthèse.

L'illusion est telle qu'aujourd'hui l'immense majorité des films font appel à des trucages impossibles à déceler. Mais pour reproduire le monde à la perfection au cinéma, il a d'abord fallu traduire ses lois en équations. De quelle façon une roche renvoie-t-elle la lumière ? Comment la fourrure d'un ours bouge-t-elle lorsque l'animal court ? Comment le mur d'un immeuble est-il pulvérisé lors d'une explosion ?

Les artistes d'effets spéciaux composent avec des logiciels commerciaux, qui intègrent des simulations de toutes sortes de phénomènes physiques, comme l'écoulement d'un fluide, la cinématique d'un gaz ou l'effet de la gravité. Chaque année, les techniques s'affinent pour

reproduire l'eau, les particules, les cheveux... « Mais chaque entreprise élabore aussi des extensions de logiciels supplémentaires selon ses besoins. Pour *Paddington 2*, nous avons dû concevoir des outils spéciaux pour une scène où l'ours tombe dans l'eau : il fallait rendre l'effet des poils qui se mouillent », illustre Guillaume Laforge, responsable de la recherche et développement chez Rodeo FX, l'une des plus grosses entreprises d'effets spéciaux du Québec. Les 500 employés ont produit, entre autres, des scènes du *Trône de fer* et de *Blade Runner 2049*, qui a décroché l'Oscar des meilleurs effets visuels en 2018.

Mais si le réalisme a atteint des sommets, c'est aussi grâce à « l'illumination globale ». On le sait, lumière et cinéma vont de pair. Or, jusqu'à récemment, freinés par des temps de calcul trop longs, les magiciens des VFX devaient se contenter d'imiter la lumière, éclairant artificiellement les objets, rappelle Guillaume Laforge. Désormais, des algorithmes simulent le comportement de la lumière réelle, la faisant rebondir et se diffracter selon les matériaux rencontrés, la couleur et le type de surface. Ainsi, chaque objet de la scène devient une source de lumière, comme c'est le cas dans la « vraie vie ».

La preuve ultime que les artistes visuels

maîtrisent les lois de la lumière a été apportée par *Interstellaire*, film futuriste de Christopher Nolan sorti en 2014, dans lequel des astronautes partent en quête de planètes habitables dans une autre galaxie. Il y est question notamment de distorsions de l'espace-temps, de relativité générale, de trous de ver et de trous noirs supermassifs. Pour représenter ces derniers de façon plausible, l'équipe des studios britanniques Double Negative s'est adjoint les services de Kip Thorne, lauréat du prix Nobel de physique en 2017. Ils ont conçu ensemble un algorithme basé sur les équations de la relativité pour mimer la façon dont la lumière issue d'étoiles en arrière-plan est courbée au voisinage du trou noir. Un travail de plusieurs mois qui a donné lieu à une publication scientifique sur la plateforme spécialisée arXiv.

Mais attention, ce voyage intergalactique prend aussi certaines libertés avec les théories d'Albert Einstein. « Au cinéma, on reste dans l'illusion. On cherche à ce que ce soit vraisemblable, certes, mais beau avant tout. Si le réalisateur trouve que l'éclairage ne fonctionne pas, même s'il est scientifiquement correct, on va le modifier », dit Guillaume Laforge. Aucune gêne non plus à jouer avec la gravité, à inventer des effets de caméra impossibles ou à rendre les explosions plus lentes et plus puissantes que ce que la nature permettrait.





Les studios Hybride

« Quand les effets visuels numériques sont apparus, dans les années 1990, on intégrait quelques éléments 3D dans des environnements tournés en prise de vue réelle. Aujourd'hui, c'est l'inverse : l'environnement est en images de synthèse et l'on intègre quelques rares éléments réels, parfois juste l'acteur ».

– Pierre Raymond, cofondateur des studios Hybride

mis au point des systèmes filmant un visage avec une résolution de quelques microns sous la lumière diffusée par des milliers de diodes. Aussi utilisés pour *Avatar*, ces dispositifs de recherche servent régulièrement à produire des doublures numériques pour les films hollywoodiens.

Si certains yeux experts ont décelé des failles sur le visage de Benjamin Button, le monde du cinéma a salué l'exploit, soulignant tout de même que la supercherie passe mieux sur un vieillard, dont les traits sont moins fins...

VALLÉE DE L'ÉTRANGE

Il faut dire que, face à un humain numérique, notre tolérance à l'erreur est quasi nulle. C'est pour cette raison que Jon Favreau a tenu à avoir un vrai acteur dans son *Livre de la jungle* : l'environnement artificiel serait moins bien passé si Mowgli

avait eu des airs de robot mal dégrossi.

De fait, plus les pseudohumains paraissent humains, plus notre sentiment de familiarité envers eux augmente, jusqu'à un certain point où tout bascule. La familiarité laisse alors place à une crainte ou un dégoût difficilement explicable. C'est ce qu'on appelle la « vallée dérangeante » ou *uncanny valley* en anglais.

Ceux qui ont vu le film *Blade Runner 2049*, de Denis Villeneuve, ont peut-être ressenti cette gêne en voyant le personnage de Rachel, initialement joué par Sean Young il y a 30 ans. Entièrement recréée par ordinateur, cette Rachel qui réapparaît inchangée à l'écran pendant deux minutes a demandé un an de travail. « Et ça ne marche pas si bien, ses yeux ne sont pas très réussis », commente Christopher Nichols, superviseur d'effets spéciaux, qui s'est lui-même arraché les

cheveux en tentant de créer des acteurs virtuels pour plusieurs grosses productions d'Hollywood. Il est aujourd'hui directeur du laboratoire du Chaos Group, une entreprise internationale qui met au point des solutions innovantes pour les artistes visuels. Son objectif : faire de la recherche pour franchir cette fameuse vallée.

C'est pour cela qu'il a fondé en 2014 la Digital Human League avec une dizaine d'autres maîtres des VFX. « Chaque fois qu'une équipe concevait un humain virtuel pour un film, elle repartait de zéro. On s'est dit qu'il valait mieux mettre nos connaissances en commun plutôt que de réinventer constamment la roue », explique-t-il de son bureau de Los Angeles, rappelant que copier l'humain était déjà l'une des ambitions des peintres hollandais à la Renaissance.



Dans *Rogue One: Une histoire de Star Wars*, sorti en 2016, le personnage de Grand Moff Tarkin semble joué par Peter Cushing, acteur britannique pourtant mort en... 1994! Il incarnait le même personnage dans l'opus de 1977 réalisé par George Lucas. Pour le faire revivre, l'équipe du studio Industrial Light & Magic, filiale de Lucasfilm, est partie de la performance de Guy Henry, dont la stature et le faciès étaient vaguement similaires. Son visage a ensuite été remplacé par le visage numérique de Cushing, qui a pu être reconstitué avec précision grâce notamment à un moule du visage de l'acteur découvert dans les archives de Lucasfilm. Le résultat est convaincant, mais l'opération a été vivement critiquée sur le plan éthique.

« Dès notre naissance, on fixe les visages. C'est une question de survie: si un bébé trouve qu'un visage est menaçant ou bizarre, il hurle », indique-t-il. L'équipe de DreamWorks l'a appris à ses dépens en 2000, lorsqu'elle a présenté sa première version du dessin animé *Shrek* à un jeune public. La princesse Fiona, trop réaliste, a fait fondre en larmes l'auditoire! Les animateurs ont donc corrigé le tir en redessinant l'héroïne de façon moins humaine...

« Le problème avec la vallée dérangeante, c'est que tout le monde est gêné, mais personne n'est capable de dire précisément ce qui cloche. Si vous présentez un personnage virtuel à des dizaines de personnes, toutes vous donneront des raisons différentes pour expliquer le malaise qu'elles ressentent! fait observer Christopher Nichols, qui parle d'expérience. Si l'on pouvait déterminer scientifiquement quelles sont les parties de l'équation qui fonctionnent, on gagnerait du temps. »

Avec l'aide de l'Institute for Creative Technologies, l'équipe de la Digital Human League a numérisé en haute résolution le visage de deux humains, dont l'actrice Emily O'Brien, et mis les données en accès libre en 2015. « Grâce à ces données scientifiques incroyables, on

Le Québec, plaque tournante des effets spéciaux

Une vingtaine de studios internationaux installés à Montréal

Croissance du secteur de 27% par an entre 2009 et 2016

55 productions locales et 102 étrangères en 2017

Volume de contrats de 262 M\$ en 2017

sait quelle texture de peau est réelle par exemple. On peut partir de ces variables et les modifier pour voir l'effet sur notre perception », s'enthousiasme Christopher Nichols, fasciné par notre intolérance au moindre défaut. Cette compréhension est essentielle, croit-il. Car tôt ou tard, nous interagissons avec des humains numériques. « Autant les faire bien! »

C'est aussi l'avis de son collègue Hao Li, chercheur à l'Université de Californie du Sud et fondateur de Pinscreen, une entreprise qui crée des avatars 3D réalistes à partir de la simple photographie d'une personne. Ses travaux avant-gardistes, qu'il a présentés avec son équipe en juin 2018 à Vancouver, au congrès annuel de graphisme numérique SIGGRAPH, sont renversants. Assis devant une webcam, un chercheur fait toutes sortes de mimiques qui sont reportées sur l'avatar d'un réalisme saisissant de Kim Jong-un ou de Donald Trump. En temps réel!

« Avec de l'argent et du temps, on peut créer des acteurs virtuels assez convaincants. Mais la révolution, c'est que n'importe qui pourra bientôt le faire grâce à des algorithmes utilisant de vraies données. Au lieu de simuler et de passer à côté de certains détails, on part de quelque chose d'existant », se réjouit Hao Li, interviewé par Skype.

Il est persuadé que, à l'aide de bases de données de visages, d'expressions faciales, d'émotions et avec un coup de pouce de l'intelligence artificielle, l'internaute moyen pourra bientôt agir sur des doubles numériques impossibles à démasquer. Peut-être pas avec une qualité suffisante pour le cinéma, mais largement satisfaisante pour les jeux vidéos ou les appels sur Skype... « Ce n'est pas impossible que, d'ici un an, vous ayez sur Skype la même conversation qu'en ce moment même, mais que ce ne soit pas moi qui parle », me lance-t-il en riant. La multiplication sur Internet des *deepfakes*, ces vidéos truquées qui superposent l'image d'une personne sur quelqu'un d'autre, semble déjà lui donner raison.

Que ce soit sur petit ou sur grand écran, la frontière entre l'imaginaire et la réalité n'a jamais été aussi ténue. 05

(Suite du dossier à la page 34.)

Quand la techno allège la tâche des artistes

C'est en exploitant au mieux les avancées informatiques que les spécialistes des effets spéciaux gagneront en liberté et en créativité.

Pour être crédibles, voire imperceptibles, les effets spéciaux demandent une somme de travail informatique et manuel inimaginable pour le spectateur lambda.

D'abord, un énorme travail de documentation est effectué en amont de chaque simulation. Pour *Le livre de la jungle*, les artistes des studios MPC ont travaillé à partir de 400 000 photographies de paysages prises en Inde. Chacune des 50 espèces animales a été étudiée et modélisée du squelette à la fourrure, en prenant le temps de reproduire la façon dont la peau bouge sur les muscles. Au total, 800 artistes ont été mobilisés pendant un an.

Le travail est si fastidieux que, pour les grosses productions, plusieurs compagnies mettent la main à la pâte. Pour *Avatar* par exemple, les studios laurentiens Hybride se sont chargés de l'extension de décor dans la pièce circulaire qui sert de «salle de contrôle». Ils ont été appelés à la rescousse par le géant néo-zélandais Weta Digital, qui croulait sous la tâche (quatre

ment on greffe les parties 3D aux images filmées lors du *compositing*», énumère en simplifiant Guillaume Laforge, responsable de la recherche et du développement chez Rodeo FX.

Si la force de travail requise est considérable, la puissance des machines l'est tout autant. «Nos fichiers font parfois un téraoctet pour un personnage animé [NDLR: l'équivalent du poids de 50 films haute définition]! Rien que pour les ouvrir dans le logiciel, ça prend 10 minutes», précise l'architecte de formation.

Les objets en 3D sont décrits par un ensemble de points et de segments appelés «polygones». Plus ce maillage est serré, plus la résolution est fine. Ainsi, un seul arbre du décor d'*Avatar* pouvait être constitué de 1,2 million de polygones. Dans *Blade Runner 2049*, jusqu'à 6 milliards de polygones composent certains plans. Multipliez ce chiffre par 30 pour avoir une seconde de film et par le nombre de secondes que dure la scène... «On va de plus en plus loin dans la résolution, jusqu'à décrire les cheveux un par un.

que l'unité centrale de l'ordinateur pour obtenir le rendu définitif. «Cela permet de gagner du temps, comme si nos machines devenaient subitement trois ou quatre fois plus rapides», indique Robin Tremblay, professeur à l'École des arts numériques, de l'animation et du design.

Enfin, le raz-de-marée de l'intelligence artificielle n'épargne pas le domaine. Rien de mieux que de confier le boulot fastidieux à une machine autonome... Parmi les tâches sur lesquelles planchent les chercheurs, celle de détourner les acteurs qui n'ont pas pu être filmés sur fond bleu par exemple. Ce travail minutieux est souvent délocalisé en Inde pour y être effectué plan par plan, mais pourrait bientôt être géré par des machines.

Autre exemple? Début 2018, un internaute s'est amusé à effacer la moustache de l'acteur Henry Cavill, qui campait Superman dans le film de 2017 *La ligue des justiciers*, en «entraînant» son ordinateur avec des centaines de photos de l'acteur, rasé ou non. Il a fait l'exercice sur quelques vidéos glanées sur le Web pour



Extension de décor dans *Blade Runner 2049*

RODEO FX

ans de travail auront été nécessaires pour le film). Pour *Star Wars: les derniers Jedi* (sorti en 2017), 13 entreprises (dont Hybride et Rodeo FX) ont été sollicitées! Pour *Iron Man 3* (2013), ils étaient 17 studios et près de 2 000 personnes.

Le partage des tâches se décline à toutes les échelles tant les expertises sont pointues. Les artistes, ultraspécialisés, procèdent par étapes successives suivant un montage linéaire, le fameux «pipeline». «On travaille par couches: les modelleurs commencent par créer un personnage en 3D, puis d'autres artistes intègrent la réaction du matériau à la lumière, ajoutent la texture, l'animation, l'éclairage, et finale-

ment, on tente vraiment d'optimiser la mémoire des ordinateurs, de simplifier le pipeline, notamment en utilisant les mêmes formats de fichiers pour toutes les étapes», explique Guillaume Laforge.

Autre piste d'amélioration: le «moteur de rendu», c'est-à-dire le logiciel qui combine tous les éléments d'une image numérisée et les restitue en image finale. L'avènement de technologies empruntées aux jeux vidéo, qui permettent de calculer les images en temps réel, avec une qualité de plus en plus proche de celle requise par le cinéma, pourrait changer la donne. Depuis peu, on utilise ainsi la puissance de la carte graphique plutôt

un coût d'environ 300\$ et un résultat très acceptable. Ce qui est assez fou quand on sait que l'équipe du film a dépensé des millions de dollars pour effacer ladite moustache sur certains plans au moment de la postproduction. Il s'agissait de scènes tournées tardivement, alors que l'acteur embauché pour *Mission: Impossible-Répercussions* n'avait pas le droit de la raser...

À lire sur notre site Web

Cinéma: la modélisation des foules devient enfin réaliste.

www.quebecscience.qc.ca/technologie/cinema-modelisation-foules

Déchets des uns, trésors des autres

Des entreprises s'unissent pour allonger le cycle de vie de leurs ressources. Des « mariages verts » qui nécessitent un petit coup de pouce de la science.

La fonderie Vestshell crée différents types de pièces de précision pour les industries médicale et aéronautique notamment. Chaque pièce est fabriquée à partir d'un moule en céramique qui, par la suite, ne servira plus à rien. Pour éviter d'alimenter davantage les lieux d'enfouissement, Vestshell s'est alliée à l'entreprise Produits RLC, qui valorise la céramique et la revend à des cimenteries. Cerise sur le gâteau, Vestshell économise ainsi 25 000 \$ par année.

C'est ce genre de « mariage vert » que veulent faciliter les symbioses industrielles, ces regroupements d'organisations qui s'échangent différents biens et services pour allonger le cycle de vie des ressources.

Le Centre de transfert technologique en écologie industrielle (CTTEI), affilié au Cégep de Sorel-Tracy, a permis à une vingtaine de territoires de mettre en place des symbioses industrielles au Québec. « Ce n'est pas de la philanthropie, précise Jennifer Pinna, chef de projet au CTTEI. Les entreprises s'échangent des biens et des services qui ont une vraie valeur sur le marché. »

Les chercheurs du CTTEI les aident à évaluer le potentiel de leurs déchets, par exemple des boues usées et de la peinture au latex recyclée, en exploitant leurs propriétés physicochimiques. Par la suite, les scientifiques élaborent des solutions pour les mettre en valeur et les transfèrent aux entreprises.

L'opération présente parfois des défis techniques. Ainsi, le CTTEI a contribué à la mise au point dans les dernières années d'un terreau avec LiveRoof Québec, spécialisée en toitures végétalisées, qui prend part à la symbiose industrielle chapeauté par l'organisme Lanaudière Économique. Le substrat est particulier, puisqu'il contient entre autres des résidus



Jennifer Pinna, chef de projet au Centre de transfert technologique en écologie industrielle

alimentaires déshydratés et des déchets de bois récupérés dans des compagnies de la région.

« Le CTTEI amène une expertise en recherche et développement qui permet de bien analyser les propriétés physicochimiques des matières, de voir comment on peut les utiliser et de réaliser des tests et du prototypage », explique Véronique Morin, animatrice de la symbiose industrielle lanaudoise qui a aidé des entreprises à donner une seconde vie à 105 tonnes de matière tout en réduisant leurs émissions de gaz à effet de serre de 295 tonnes.

Membre du Réseau Trans-tech, qui réunit tous les centres collégiaux de transfert de technologie, le CTTEI a aussi mis en réseau les différentes symbioses industrielles de la province grâce à sa

plateforme Communauté Synergie Québec.

« Cela favorise un partage d'expériences, de bonnes pratiques et d'outils pour permettre aux symbioses de gagner en efficacité », indique Jennifer Pinna.

Ainsi, petit à petit, le CTTEI convainc les compagnies québécoises qu'elles peuvent remplacer des matières premières vierges par des matières résiduelles.

« Bien sûr, dit Jennifer Pinna, il y a de la résistance au changement, mais c'est un défi qui vaut la peine d'être relevé parce qu'on a tous à y gagner. »

Par Martine Letarte

La production de ce reportage a été rendue possible grâce au CNETE et au Réseau Trans-tech.



LE RÊVE

UNE FENÊTRE SUR LA CONSCIENCE

Qu'ils soient doux ou angoissants, nos rêves en disent long sur notre matière grise. Et ils pourraient même aider les scientifiques à comprendre d'où et comment émerge la conscience.

PAR ALEXIS RIOPEL

ILLUSTRATION: DUSHAN MILIC

Raymond s'avance dans une petite chambre qui paraît à peu près normale, mais lui, par contre, est drôlement accoutré. Trente électrodes sont collées sur son corps, dont sept sur son visage. Dès qu'il est installé dans le minuscule lit en bois, une voix résonne dans un haut-parleur: « Au réveil, agrippe-toi à ton rêve », lui dit Claudia Picard-Deland, chercheuse en neurosciences. Dès sa sortie des bras de Morphée, Raymond devra en effet noter au plus vite ses souvenirs avant qu'ils s'évanouissent pour toujours.

Le jeune ébéniste fait partie de la centaine de volontaires qui font la sieste au profit de la science dans le cadre de la dernière étude du laboratoire des rêves et cauchemars, à l'Hôpital du Sacré-Coeur de Montréal. Depuis plus de 25 ans, les chercheurs y examinent les digressions cérébrales de leurs cobayes assoupis dans l'espoir d'en comprendre les mécanismes. Ces dernières années, ils ont réalisé – comme d'autres scientifiques ailleurs

dans le monde – que les rêves constituent un outil puissant pour éclaircir l'ultime énigme des neurosciences: la conscience.

« La conscience, c'est tout! défend Christof Koch, président et directeur scientifique de l'Allen Institute for Brain Science, à Seattle, et l'un des plus grands spécialistes de la conscience. Sans elle, on ne pourrait pas voir, on ne pourrait pas sentir, on ne pourrait pas réfléchir. On serait comme des zombies. » De fait, la conscience ne nous permet pas seulement de vivre des expériences, « c'est ce qui nous distingue des machines », pense Francesca Siclari, médecin associée au Centre d'investigation et de recherche sur le sommeil du Centre hospitalier universitaire vaudois, en Suisse.

Or, le règne de la conscience ne se limite pas à nos heures d'éveil. Aussi abracadabrants ou absurdes qu'ils puissent être, les rêves constituent eux aussi des expériences conscientes. « À l'éveil, mais aussi quand on rêve, on ressent *quelque chose*. C'est une manière très simple de



dire que les rêves sont des expériences conscientes», résume Jennifer Windt, philosophe à l'Université Monash, en Australie, et auteure de *Dreaming*, paru aux MIT Press en 2015. En effet, quand on rêve qu'on chute dans le vide, qu'on perd ses dents ou même qu'on tient une simple conversation, on ressent bien *quelque chose*.

En quoi ces sensations différent-elles de celles qu'on éprouve en plein jour? «Le rêve est une forme de conscience différente de l'éveil, mais qui s'en approche à plusieurs égards. Une grande partie de nos travaux aujourd'hui consiste à discriminer l'expérience vécue lors du rêve de celle vécue à l'éveil», affirme Tore Nielsen, professeur à l'Université de Montréal et fondateur du laboratoire des rêves et cauchemars en 1991. Certes, quand on rêve, on contrôle beaucoup moins bien nos actions et nos idées. On est suspendu à un seul fil de pensée auquel on ne peut échapper. Même quand on prend part à l'action, on a parfois l'impression de jouer le rôle d'un témoin, incapable d'évaluer la vraisemblance d'une situation. En outre, nos émotions sont à fleur de peau – pourtant, les rêves ont du mal à s'inscrire dans notre mémoire.

Il n'empêche, la différence avec la réalité est parfois si subtile que le rêve nous semble tout à fait réel. «C'est le grand miracle des rêves: notre cerveau est capable de recréer un monde identique à la réalité, mais on n'a aucune idée de la manière dont il y parvient», ajoute Tore Nielsen.

Pour comprendre ce qui fait naître et ce qui anime la conscience, les rêves sont donc un terrain de jeu idéal. «Quand on dort, on peut à la fois être inconscient, dans les stades profonds du sommeil, et conscient, lors des rêves. À l'aide de l'imagerie cérébrale, on tente d'observer cette transition», explique Francesca Siclari. Ce contraste entre les deux états est fort utile pour la recherche: il pourrait permettre de mettre le doigt sur «l'interrupteur» de la conscience.

Évidemment, d'autres états altérés de la conscience aident aussi les scientifiques dans leur quête. Les sujets hypnotisés, schizophrènes, anesthésiés, sous l'effet de drogues hallucinogènes ou plongés

«La conscience, c'est tout! Sans elle, on ne pourrait pas voir, on ne pourrait pas sentir, on ne pourrait pas réfléchir. On serait comme des zombies.»

– Christof Koch, neuroscientifique

dans une séance de méditation vivent tous des états de conscience modifiés. Cependant, le rêve a l'avantage de survenir régulièrement et naturellement chez presque tout le monde.

L'EMPREINTE DU RÊVE

«Bonne sieste», souffle Claudia Picard-Deland au micro. Une fois Raymond assoupi, elle scrute l'activité électrique de son cerveau et de ses muscles sur son moniteur. Elle le laissera dormir le temps d'un cycle du sommeil, soit environ deux heures. Raymond tombera d'abord dans un sommeil léger, puis glissera lentement vers un sommeil profond. Son corps sera alors complètement détendu, sa pression sanguine diminuera, sa respiration ralentira. Vers les 30 dernières minutes du cycle, Raymond entrera finalement dans le stade de sommeil «paradoxal», facile

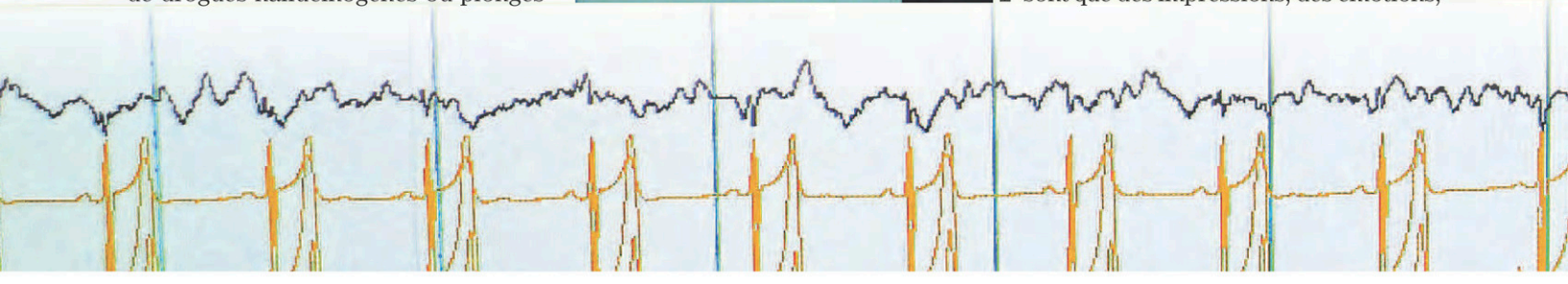
à repérer avec l'électroencéphalographie (EEG). Dans cette phase, le corps du dormeur est paralysé. Seuls ses yeux sont actifs, bougeant dans toutes les directions comme s'ils suivaient le déroulement d'une scène agitée. De plus, son cerveau consomme autant d'énergie qu'à l'éveil. Impossible, pour autant, de déterminer avec certitude à quel moment Raymond commencera à rêver.

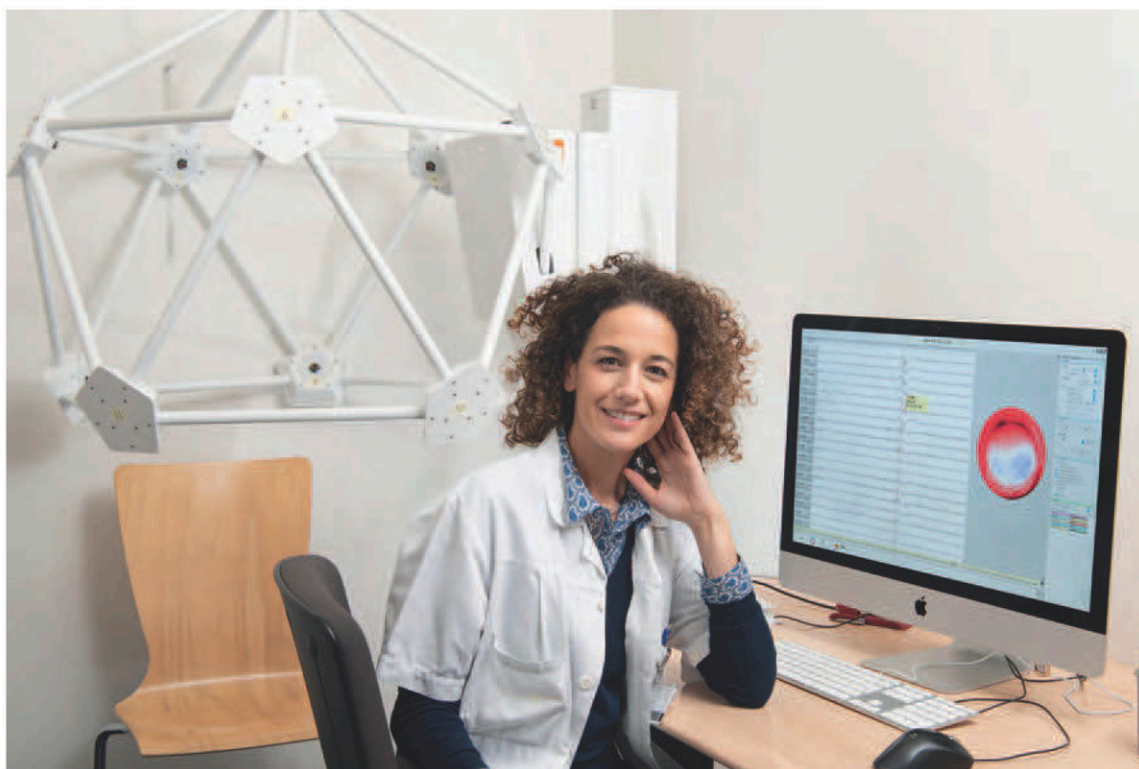
Pourtant, en 1953, quand les neuroscientifiques américains Eugene Aserinsky et Nathaniel Kleitman ont mesuré pour la première fois l'activité électrique cérébrale typique du sommeil paradoxal, ils croyaient bien avoir trouvé un moyen de détecter les rêves. «Les chercheurs venaient de découvrir le sommeil paradoxal, au cours duquel l'activité cérébrale est très rapide et désynchronisée, signale Francesca Siclari. Quand on réveillait des gens à ce moment-là, dans la plupart des cas, ils disaient avoir rêvé.» La communauté scientifique a rapidement assimilé sommeil paradoxal et rêves à une seule et même chose.

«Et puis, au fil des années, on s'est rendu compte qu'on rêvait aussi dans d'autres stades du sommeil, même dans ceux les plus profonds», continue Francesca Siclari. Les plus récentes études indiquent que jusqu'à 70% des dormeurs qu'on réveille durant une phase de sommeil profond rapportent des rêves. À l'inverse, certains sujets tirés d'un sommeil paradoxal nient avoir rêvé. De même, les chercheurs ont réalisé que les rêves ne s'articulent pas tous autour des trames narratives, mais que plusieurs expériences oniriques ne sont que des impressions, des émotions,



HÔPITAL DU SACRÉ-CŒUR DE MONTRÉAL





Francesca Siclari est médecin associée au Centre d'investigation et de recherche sur le sommeil du Centre hospitalier universitaire vaudois, en Suisse. La structure derrière elle comporte plusieurs caméras sous lesquelles s'assoient les sujets munis d'un casque EEG. La scientifique en tire de multiples photos utilisées pour reconstruire le casque en 3D. Cette image de synthèse sera superposée aux images des cerveaux des participants. L'objectif : localiser l'activité cérébrale enregistrée par rapport à l'anatomie individuelle des sujets.

SAM CHUV

des images ou des concepts – autant de formes rudimentaires de la conscience.

Devant ce casse-tête, Francesca Siclari s'est mise à la recherche d'un nouveau marqueur du rêve en 2012, alors qu'elle faisait partie de l'équipe de Giulio Tononi à l'Université du Wisconsin à Madison. Giulio Tononi est un autre grand spécialiste de la conscience et il cherche par tous les moyens à en trouver la signature physiologique. « Le point de départ de cette étude n'était pas le rêve, mais bien la conscience », soutient Francesca Siclari. La neurologue italienne et ses collègues ont sondé l'esprit de dizaines de dormeurs avec l'EEG à haute résolution. Plutôt que d'installer 6 électrodes sur les sujets, comme c'est souvent le cas, ils ont opté pour 256 électrodes. Ils réveillaient les dormeurs à quelques reprises au cours de la nuit et, chaque fois, leur demandaient s'ils venaient de ressentir quelque chose, de vivre une expérience quelconque.

Grâce à ces mesures extrêmement précises, les chercheurs ont découvert une corrélation entre l'activité cérébrale dans la partie postérieure du cortex cérébral et les rêves, quelle que soit la phase du sommeil.

Ils ont publié ces résultats en 2017 dans la revue *Nature Neuroscience*. « Ce qu'on montre avec notre étude, c'est que le rêve ne dépend pas tellement de l'activité cérébrale globale, mais de l'activité locale, résume la chercheuse. Lors du rêve, il y a très peu d'ondes électriques lentes (NDLR: de un à quatre hertz) dans la zone postérieure du cortex. » Cette région intervient dans la vision et intègre les différents influx sensoriels en une expérience unique.

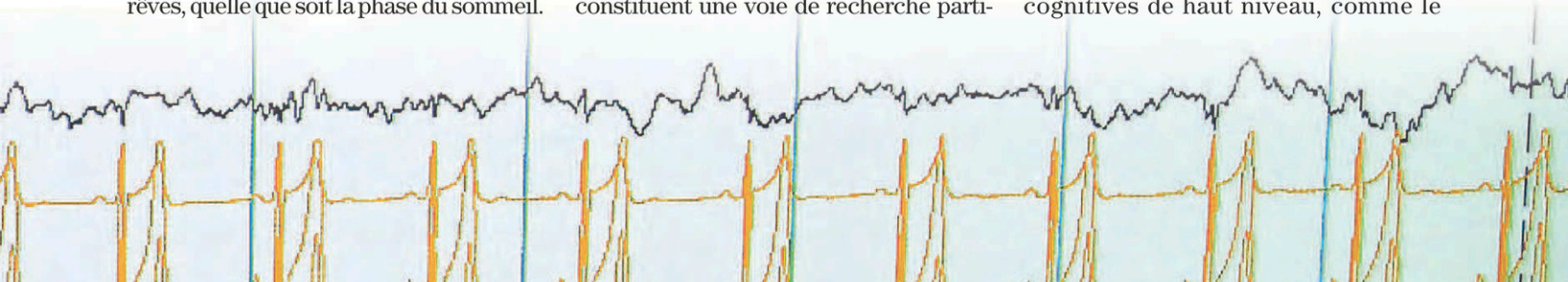
« Beaucoup de gens pensent que, pour susciter la conscience, tout le cerveau doit être activé ou du moins de grosses zones. Notre étude révèle que l'activation d'une petite partie semble suffisante, en tout cas pendant le sommeil », avance-t-elle. Pour autant, si cette zone contrôle les « sensations » du dormeur, elle n'insufflé pas à ces expériences conscientes la même complexité qu'à l'éveil. Car qui dit conscience dit aussi interprétation, réflexion, voire prise de décision.

REPRENDRE LES COMMANDES

D'où l'intérêt croissant des « chasseurs de conscience » pour les rêves lucides, qui constituent une voie de recherche parti-

culièrement prometteuse. Dans ces rêves très spéciaux, le sujet retrouve une certaine conscience de lui-même (métacognition) et un certain pouvoir sur ses actions (volition). Cependant, les rêves lucides sont très rares : la moitié des gens n'en ont jamais fait, et la plupart des autres pas plus de un ou deux. « Plusieurs chercheurs croyaient auparavant qu'il était impossible d'avoir des pensées rationnelles dans un rêve. Toutefois, la recherche sur les rêves lucides nous apprend que c'est faux, dit la philosophe Jennifer Windt. Il y a des preuves scientifiques robustes établissant des différences en termes de métacognition et de volition entre le rêve lucide et le rêve normal. » Ainsi, en plus de la zone postérieure repérée par Francesca Siclari, ces rêves mobilisent d'autres régions cérébrales associées au raisonnement.

Pour preuve, en 2009, la psychologue allemande Ursula Voss démontrait que l'activité cérébrale dans la région frontale du cortex était plus intense lors de rêves lucides. Cette région, située à l'avant du cerveau, est extrêmement importante à l'éveil. Elle est le siège des fonctions cognitives de haut niveau, comme le



NEUROSCIENCES

raisonnement, la parole et la mémoire de travail. Cinq ans plus tard, la chercheuse et son équipe entreprenaient une expérience encore plus ambitieuse. Elles réussirent à provoquer une certaine lucidité chez des sujets endormis grâce à une stimulation transcrânienne par courant alternatif dans cette même zone frontale du cerveau. Leur démonstration réitérait l'importance de la partie avant du cortex cérébral pour faire naître la conscience de soi et la volition lors des rêves lucides, et laissait même penser que cette zone pouvait remplir ces rôles à l'éveil. Les résultats d'Ursula Voss n'ont toutefois pas été reproduits par d'autres équipes dans le monde.


Qu'à cela ne tienne, la recherche sur les rêves lucides est en plein essor depuis quelques années. L'équipe de Giulio Tononi a publié une étude en août 2018 qui montrait que la prise de galantamine augmentait les chances de faire un rêve lucide. Cette substance, normalement utilisée dans le traitement de la maladie d'Alzheimer, stimule l'activité du cortex cérébral en accroissant la concentration d'acétylcholine, un neurotransmetteur.

« Quand la réflexion s'active et qu'on entre dans un rêve lucide, on peut accéder à d'autres fonctions dont on dispose seulement à l'éveil, comme les sensations cutanées ou vestibulaires. »

– Tore Nielsen, neuroscientifique

Le laboratoire des rêves et cauchemars de l'Hôpital du Sacré-Cœur de Montréal mène lui aussi des études sur les rêves lucides. Convaincu de l'importance du phénomène, Tore Nielsen croit même que la « lucidité » peut stimuler d'autres aspects de la conscience dans le rêve. « Quand la réflexion s'active et qu'on entre dans un rêve lucide, on peut accéder à d'autres fonctions dont on dispose seulement à l'éveil, comme les sensations cutanées ou vestibulaires. »

Pour l'instant, les scientifiques en sont

à déterminer « qui fait quoi » dans le cerveau. Mais très bientôt, ils en arriveront à se demander « pourquoi », la question qui constitue la clé de voûte du mystère de la conscience. Parviendront-ils à la résoudre, alors que certains prétendent que ce problème restera à jamais insoluble? « Pourquoi l'ingéniosité humaine ne conduirait-elle pas à cet exploit? répond du tac au tac le neuroscientifique Christof Koch. Aucune loi de la nature ne nous en empêche. Je suis extrêmement optimiste. » 



CERTAINS CADEAUX SE DÉBALLENT TOUTE L'ANNÉE. OFFREZ L'ACTUALITÉ!

40% DE RABAIS DÈS LE 2^e ABONNEMENT

APPLICATIONS | SITE WEB | PAPIER

PREMIER ABONNEMENT	ABONNEMENTS SUIVANTS
39⁹⁹ \$	19⁹⁹ \$ CHACUN

+ 9,98 \$ DE FRAIS DE LIVRAISON PAR ABONNEMENT, + TAXES

lactualite.com/offre2018

RENDEZ-VOUS INTÉRESSANT

L'actualité



LES PRIX DU QUÉBEC
culture • science

CONNAISSEZ-VOUS UNE PERSONNE AYANT UNE CARRIÈRE EXCEPTIONNELLE EN SCIENCE?

Les organisations, les groupes, les universités ainsi que les citoyens sont invités à proposer des candidatures pour les prix scientifiques, soit :

... • PRIX • ...

LÉON-GÉRIN

sciences humaines
et sociales

... • PRIX • ...

MARIE-VICTORIN

sciences naturelles
et génie

... • PRIX • ...

WILDER-PENFIELD

recherche biomédicale

... • PRIX • ...

LIONEL-BOULET

recherche industrielle

... • PRIX • ...

ARMAND-FRAPPIER

administration,
développement et promotion
de la recherche ou d'un
institut de recherche

... • PRIX • ...

MARIE-ANDRÉE- BERTRAND

innovation sociale

... • PRIX • ...

RELÈVE SCIENTIFIQUE

Les chercheurs sont invités à poser leur candidature pour ce prix remis à une personnalité de 40 ans ou moins s'étant illustrée en science.

**SURVEILLEZ L'APPEL DE CANDIDATURES
QUI SERA LANCÉ SOUS PEU !**

Pour plus de renseignements, consultez le
prixduquebec.gouv.qc.ca

Québec

LES SCIENTIFIQUES DU DIMANCHE

Mettre le grand public à profit pour faire avancer la science? C'est ce que font des projets participatifs, qui se multiplient. Pour le meilleur ou pour le pire?

PAR MARTINE LETARTE

La science participative ne date pas d'hier. En astronomie, on doit plusieurs découvertes à des non-spécialistes, dont celle de la planète Uranus en 1781. Du côté de la botanique, le frère Marie-Victorin demandait aux lecteurs dans la première édition de sa *Flore laurentienne*, en 1935, de lui communiquer leurs additions et corrections. Mais la révolution numérique propulse la contribution du quidam à un autre niveau. Et de plus en plus d'initiatives réussissent à être suffisamment crédibles pour que leurs résultats soient publiés dans de prestigieuses revues scientifiques comme *Nature*.

La participation de non-initiés est-elle source de risques pour la qualité des résultats scientifiques? Non, d'après Vincent Larivière, titulaire de la Chaire de recherche du Canada sur les transformations de la communication savante et professeur à l'Université de Montréal. «M. et M^{me} Tout-le-monde ne participent pas n'importe comment à des recherches. Ces projets comportent généralement une démarche systémique bien encadrée par des chercheurs, auxquels des amateurs fournissent une foule de données difficiles à obtenir autrement», explique-t-il.

Par contre, Vincent Larivière se méfie lorsque des non-scientifiques sont responsables de l'analyse des données. «Après le débroussaillage des profanes, les chercheurs doivent valider et interpréter les données», juge-t-il.

Le professeur Yves Gingras, titulaire de la Chaire de recherche du Canada en histoire et sociologie des sciences à l'Université du Québec à Montréal (UQAM), souligne que derrière ce joli terme de *science participative* se cache une réalité plus prosaïque. «Il ne faut pas être naïf: elle fournit de petites mains gratuites aux chercheurs pour réaliser du travail qui, autrement, coûterait une fortune!» s'exclame-t-il.

Le temps de la science participative serait toutefois compté, du moins pour les projets de classification de masses de données, une tâche de plus en plus confiée à l'intelligence artificielle. «Dans plusieurs cas, les personnes participantes finiront donc par être remplacées par des machines!» laisse tomber Yves Gingras.

Mais pour l'heure, les scientifiques du dimanche s'en donnent à cœur joie. Coup d'œil sur quatre projets d'ici et d'ailleurs qui illustrent le potentiel de la science participative.

TELESCOPE SPATIAL HUBBLE



Zooniverse Chasseurs de galaxies et d'anciennes graphies

Dans le monde de la science participative, la plateforme Galaxy Zoo est probablement le projet le plus connu. Lancée en 2007 par des scientifiques de l'Université d'Oxford appuyés par une équipe internationale d'astronomes, elle permet aux internautes de classer des galaxies selon leur forme. Au cours des 24 premières heures suivant sa mise en ligne, le site recevait 70 000 classifications par heure... ce qui l'a planté !

Une décennie plus tard, Galaxy Zoo est toujours active et a nourri de nombreux articles scientifiques, dont un publié dans la revue *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* en 2016 qui dévoilait la classification morphologique de 120 000 galaxies.

Sa popularité est telle que ses créateurs ont élargi le concept en créant la plateforme Zooniverse, qui réunit des projets de science participative dans différents domaines. Comme Shakespeare's World, où l'internaute peut aider une équipe de paléographes à transcrire des documents écrits à la main afin de mieux comprendre l'époque où vivait William Shakespeare (1564-1616). L'objectif est aussi d'alimenter l'*Oxford English Dictionary* avec de nouveaux mots et de nouvelles variantes de mots.

zooniverse.org





SHELLEY JACKSON DESIGN

Science participative ou science citoyenne ?

Ces expressions ne sont pas synonymes, prévient Yves Gingras, titulaire de la Chaire de recherche du Canada en histoire et sociologie des sciences et professeur à l'UQAM. Selon lui, il est plus juste d'employer le terme *science participative* quand on fait référence à la contribution de non-spécialistes à la science. La science citoyenne, elle, serait une mauvaise traduction de *citizen science*. « Elle signifie plutôt une science au service des citoyens, précise-t-il. Or, la science peut être vraie, fautive, utile ou inutile, mais elle n'est au service de personne. »

RinkWatch Les patinoires, témoins des changements climatiques

Alors que patiner et jouer au hockey en plein air est l'un des plaisirs de l'hiver en Amérique du Nord, des chercheurs de l'Université Wilfrid-Laurier, en Ontario, ont joint l'utile à l'agréable. En 2013, ils ont lancé le site RinkWatch, où les participants inscrivent leur patinoire et indiquent ensuite, chaque jour, si l'on peut y patiner ou pas, en plus d'entrer de l'information sur la qualité de la glace.

L'objectif : étudier les effets à long terme des changements climatiques. Environ 1 500 patinoires extérieures et étangs au Canada et aux États-Unis ont ainsi été enregistrés.

Les premières données ont permis de déterminer quelles sont les températures optimales pour patiner et ainsi d'établir des prévisions d'ici à la fin du 21^e siècle. Les chercheurs prévoient que Montréal et Toronto connaîtront 40 % moins de journées où les conditions seront bonnes pour patiner en 2100.

Le groupe, qui a obtenu un soutien financier de la Ligue nationale de hockey, travaille maintenant à comparer les données météorologiques d'aujourd'hui avec celles d'il y a 50 ans. « En effet, on constate que la saison de patinage a raccourci », mentionne Robert McLeman, professeur associé en géographie et en études environnementales à l'Université Wilfrid-Laurier, qui a été l'un des initiateurs de RinkWatch.

L'article scientifique sur le sujet doit être publié prochainement.

rinkwatch.org



#eCapelan Petits poissons cherchent photographes amateurs

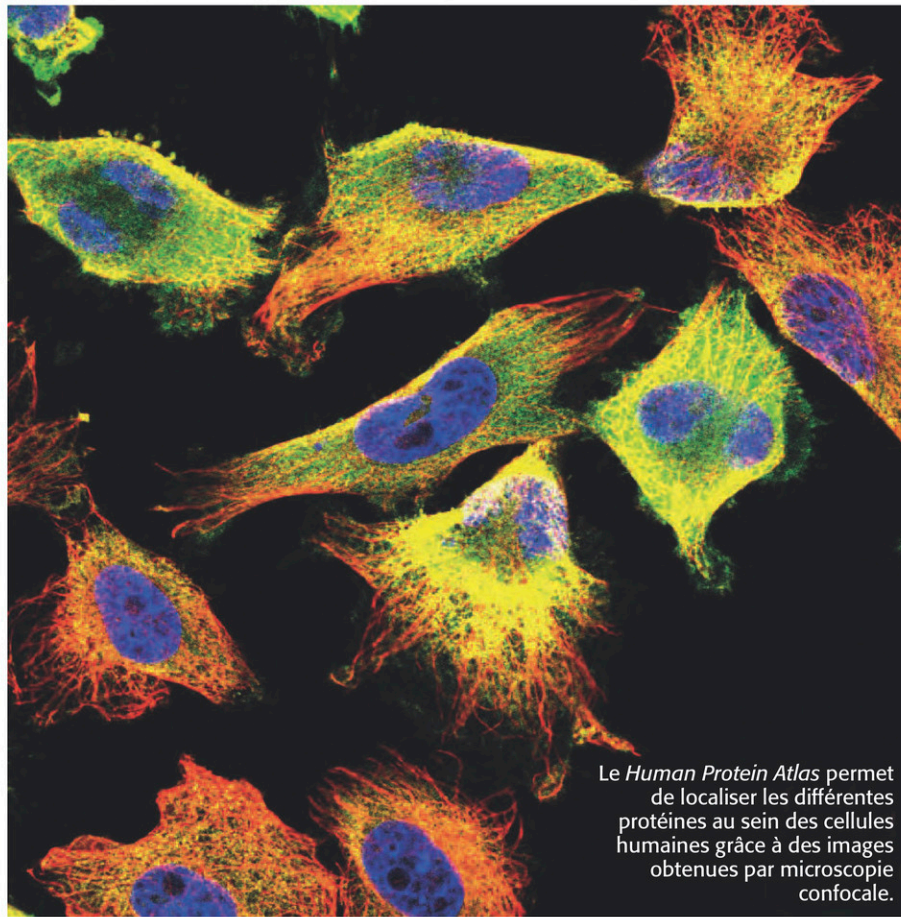
Le capelan est essentiel à la vie aquatique : il sert de nourriture aux baleines, à la morue de l'Atlantique, aux oiseaux marins et aux phoques entre autres. Pourtant, on connaît peu cet humble poisson. Voilà pourquoi il est au cœur d'un projet de science participative au Québec et dans les provinces maritimes.

À l'été 2017, le site eCapelan.ca a été lancé par le WWF-Canada et l'Observatoire global du Saint-Laurent pour récolter des données sur les frayères de ce poisson le long de la côte atlantique. Les spécialistes cherchent à savoir combien il y en a et ce qui influence les stocks.

Tout un chacun est invité à transmettre ses photos du capelan qui « roule » (il arrive en grands bancs serrés) sur le rivage entre les mois d'avril et de juin, accompagnées de la date et des coordonnées GPS. Déjà, une quarantaine d'aires de fraye ont été signalées et la majorité a été validée par les chercheurs. Quelques-unes étaient d'ailleurs tout à fait inconnues des scientifiques !

« Nous voulons continuer ce projet sur le long terme pour noter les changements dans les lieux de fraye des capelans et cibler, avec des communautés, des plages qui auraient besoin d'être restaurées ou protégées de l'activité humaine pour favoriser la reproduction du poisson », précise Brianne Kelly, du WWF-Canada.

ecapelan.ca



Le *Human Protein Atlas* permet de localiser les différentes protéines au sein des cellules humaines grâce à des images obtenues par microscopie confocale.

HUMAN PROTEIN ATLAS

EVE Online – Project Discovery Jouer pour l'avancement de la science

Comment susciter la participation de 300 000 personnes à un projet scientifique ? Une équipe a trouvé l'astuce : elle a intégré le module Project Discovery dans *EVE Online*, un jeu vidéo archipopulaire qui se déroule dans l'espace et qu'a créé l'entreprise islandaise CCP en 2016.

La première mission scientifique des joueurs consistait à classer des protéines contenues dans les cellules du corps humain. Ils ont ainsi réalisé plus de 33 millions de classifications ! À l'aide de l'intelligence artificielle, les joueurs ont amélioré le modèle utilisé pour prédire la localisation des protéines, ce qui a permis d'identifier « 10 nouveaux membres de la famille des structures cellulaires connues sous le nom de *rods and rings* », indique Enma Lundberg, professeure au KTH Royal Institute of Technology à Stockholm, qui a conçu le module en collaboration avec CCP et Massively Multiplayer Online Science.

Ces résultats ont été publiés en août dernier dans *Nature Biotechnology*. Parmi les auteurs, on trouve Bergur Finnbogason, directeur de création chez CCP. Qui a dit que les jeux vidéos ne pouvaient pas être sérieux ?

Entretemps, les données recueillies

sont intégrées dans le *Cell Atlas*, qui fait partie du *Human Protein Atlas*. À terme, ce programme permettra de déterminer l'emplacement de toutes les protéines humaines dans les cellules.

Project Discovery est récemment revenu à la charge dans le domaine de l'astronomie. La deuxième mission propose aux joueurs d'*EVE Online* de découvrir des exoplanètes en traitant des données captées par des télescopes spatiaux. Le projet est mené avec le Département d'astronomie de l'Université de Genève et le professeur Michel Mayor, qui a découvert la première exoplanète en 1995. Après un an et demi, plus de 80 millions de classifications de courbes de lumière ont été effectuées par des centaines de milliers de joueurs. Des scientifiques les analysent présentement.

Le projet pourrait prochainement intégrer des données plus précises récoltées par d'autres télescopes dont TESS, lancé en avril 2018. « Les joueurs sont encore très actifs et veulent aller plus loin, affirme Bergur Finnbogason. Ce projet, qui cadre tout à fait avec *EVE Online*, pourrait durer encore longtemps avec l'ajout de nouvelles données. »

eveonline.com/discovery

ÉCHEC AU PHOSPHORE

Dominique Claveau-Mallet a travaillé sur une technologie capable de venir à bout du phosphore responsable de la prolifération des cyanobactéries dans les lacs du Québec.



JEAN-FRANÇOIS HAMELIN

Le lac Brome, le lac Beauport, le lac Saint-Augustin : la liste des étendues d'eau qui se meurent dans le sud de la province est longue. Le responsable de cette hécatombe silencieuse n'a pourtant rien d'un meurtrier. Son nom : le phosphore, un sel minéral essentiel à la vie, mais qui a tendance à se retrouver en trop grande quantité dans les cours d'eau préférés des villégiateurs. Au-delà d'une certaine concentration de cet oligoélément, l'eau devient bleu-vert et visqueuse, comme une soupe épaisse. En cause, la prolifération de cyanobactéries. Ces microorganismes libèrent des toxines dangereuses avec lesquelles le Québec a fait connaissance en 2006 et en 2007, lors d'épisodes aigus d'algues bleu-vert, comme on appelle ces bactéries.

Plus de 10 ans après, la « crise » sévit toujours, affirme Dominique Claveau-Mallet, stagiaire postdoctorale à l'Université McGill. « Ce n'est pas parce que nous n'entendons plus parler

de la problématique qu'elle n'existe plus. Sa gravité fluctue selon les années et les conditions météorologiques », explique la chercheuse et mère de deux enfants – bientôt trois. Une chose est sûre, cependant : ces éclosions sont « nourries » par un apport régulier en phosphore, corollaire des rejets d'eaux usées domestiques (toilette, douche...) en provenance des chalets qui bordent les lacs et de leurs installations septiques rarement aux normes.

Dans une usine de filtration d'eau, le retrait du phosphore des eaux usées domestiques se fait de manière chimique ou par un procédé de membranes. Ces technologies complexes exigent cependant l'intervention d'une main-d'œuvre spécialisée, ce qui est impossible avec des installations septiques enfouies sous terre et vidangées tous les deux à quatre ans. Résultat : de 2 mg à 8 mg de phosphore par litre d'eaux usées filtré sont rejetés par les chalets en moyenne, ce qui dépasse largement

la norme environnementale de 1 mg fixée par le gouvernement du Québec... Ce dernier ferme les yeux sur la situation étant donné le cul-de-sac technologique.

Du moins jusqu'à tout récemment. « Dans mon doctorat, j'ai travaillé sur une technologie à base de filtre à scories, qui sont un sous-produit de l'extraction du fer qui retient le phosphore dans les eaux usées. Grâce à ce dispositif, nous atteignons sans problème des valeurs de 0,5 mg de phosphore par litre d'eaux usées filtrées », fait valoir celle qui a reçu une Médaille académique du Gouverneur général du Canada en juin dernier au terme de ses études doctorales à Polytechnique Montréal. Cette reconnaissance, l'une des plus prestigieuses au pays, souligne l'obtention de la meilleure moyenne universitaire.

Une première technologique

La magie opère après que les eaux usées ont franchi les deux premières étapes de traitement, soit la fosse septique (décantation) et le champ d'épuration (dégradation par voie biologique), qui filtre les déchets organiques. Les eaux usées pénètrent alors dans le filtre à scories, lesquels contiennent de la chaux qui réagit avec le phosphore dissous. Une réaction de précipitation se déroule alors ; des cristaux granuleux d'hydroxyapatite se collent aux scories, piégeant de facto le phosphore.

À un certain moment, le filtre est saturé de cristaux. Quand ? Dominique Claveau-Mallet a bâti un outil mathématique, P-Hydroslog, pour le déterminer. « À partir de diverses variables, comme la nature de l'affluent et le type de champ d'épuration, j'ai réalisé des simulations informatiques qui permettent de prédire la vie utile effective d'un filtre à scories. Le but était de garantir une efficacité de plusieurs années », dit-elle.

Ces travaux ont été menés en partenariat avec Bionest, une compagnie spécialisée en traitement des eaux usées produites par des résidences isolées, comme les chalets. Cette collaboration avec l'industrie a permis de mettre à l'épreuve ces prédictions sur le terrain. En outre, elle a abouti au dépôt d'un brevet commun relatif à cette technologie passive de déphosphoration.

Serge Baillargeon est directeur de la recherche et du développement chez Bionest. C'est avec lui que Dominique Claveau-Mallet a collaboré pendant ses cinq années de doctorat. La technologie qu'ils ont mise au point est en cours de certification. Si tout va bien, elle devrait être commercialisée « quelque part en 2019 », pense-t-il. Bionest comblera alors un vide dans un marché au potentiel énorme – il y aurait environ un million d'installations septiques au Québec. « Pour la première fois, nous pourrions garantir l'enlèvement du phosphore des eaux usées pendant une période de 8 à 15 ans », prévoit-il.

L'employé de Bionest ne tarit pas d'éloges à l'endroit de sa partenaire de recherche. « Elle est une collaboratrice hors pair, une des meilleures chercheuses qui nous a été donnée de côtoyer », jure-t-il. Brillante, prompte et professionnelle, Dominique Claveau-Mallet a épargné à Bionest plusieurs années d'essais et de tâtonnements infructueux, estime Yves Comeau, professeur à Polytechnique Montréal et directeur de thèse de l'étudiante. « Dominique a cette capacité extraordinaire de devenir experte en tout. Travailler avec elle est extrêmement agréable », conclut-il. **Par Maxime Bilodeau**

Les questions de Rémi Quirion

SCIENTIFIQUE EN CHEF DU QUÉBEC*



CHRISTINNE MUSCHI

R.Q. : Pour vous, était-ce un préalable que vos recherches aient un impact environnemental ?

D.C.-M. : Quand j'ai décidé d'entreprendre des études supérieures, j'étais très intéressée par les marais artificiels. Ça me passionnait de voir qu'on peut imiter des procédés naturels pour ramener les eaux usées à la nature de la manière la plus simple possible. Ce qui est important pour moi, c'est l'utilisation intelligente des ressources, et l'eau est certainement une ressource primordiale. Mes travaux contribuent à éviter une forme de pollution qui autrement serait inéluctable.

R.Q. : Aviez-vous imaginé que vos recherches seraient appliquées si rapidement ?

D.C.-M. : Au début non ! Le défi était grand parce que les filtres à scories étaient trop mal compris pour être utilisés facilement. De plus, une grande partie de mon travail était assez abstraite – j'ai beaucoup réfléchi à la géochimie et à la précipitation de minéraux de phosphore ! Ce fut une étape marquante lorsque j'ai compris le potentiel de mes premiers résultats de modélisation. Ça s'est accéléré lorsque mon équipe s'est associée à Bionest. Il s'est créé une belle synergie entre l'université et l'industrie : j'avais une connaissance plus fondamentale du procédé et Bionest avait les ressources et l'expérience pour la mise en œuvre de nouvelles technologies.

R.Q. : Comment avez-vous réussi à concilier le travail et la famille ?

D.C.-M. : C'est vrai que, dans le domaine de la recherche, on revient nécessairement à la maison avec les projets dans la tête, en quête d'idées géniales. Malgré tout, je n'ai jamais travaillé le soir ou la fin de semaine, ou très rarement. Mon secret, c'était d'organiser mon temps et mes projets le plus efficacement possible et de formuler des objectifs clairs. Dormir et me reposer faisaient aussi partie de l'horaire... Quand on divise les projets en tâches simples, tout devient plus facile. Suivant ce principe, j'ai écrit la majorité de ma thèse dans le train par blocs de 45 minutes.

* Le scientifique en chef du Québec conseille le gouvernement en matière de science et de recherche, et dirige les Fonds de recherche.

Québec 
Fonds de recherche – Nature et technologies
Fonds de recherche – Santé
Fonds de recherche – Société et culture

 scientifique-en-chef.gouv.qc.ca
 facebook.com/RQuirion



REGARDER



Jean-René Dufort et Marie-Pier Élie EXPLORA

Rats de laboratoire

L'été dernier, pendant une semaine, 100 personnes âgées de 20 à 77 ans ont abandonné travail, enfants et cellulaire pour se livrer corps et âme à la science — et au joug de Jean-René Dufort, épaulé par la journaliste scientifique Marie-Pier Élie — dans le cadre de la nouvelle émission *Le gros laboratoire*.

À travers les quatre expériences présentées à chaque épisode, l'équipe vérifie des hypothèses et déboulonne des mythes relatifs à certains comportements humains. Les participants visitent ainsi une salle de tir ou montent un simple meuble de jardin. Ces tests visent à mesurer différentes attitudes et réactions, comme les tendances racistes et la capacité des jeunes à communiquer convenablement.

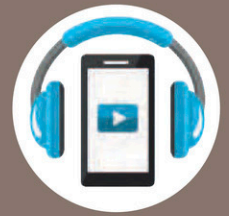
Le groupe de candidats choisis se veut une représentation la plus fidèle possible de la population du Québec afin de mieux nous découvrir; ces hommes et ces femmes viennent de diverses régions et ont des origines et des niveaux de

scolarité variés. Le résultat, qui n'a pas de réelles prétentions scientifiques, est pour le moins divertissant!

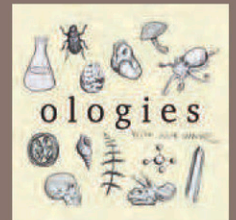
Il s'agit d'un concept importé des Pays-Bas, explique le producteur, Richard Gohier. « Quand Jean-René et moi avons vu la série, on s'est tout de suite dit que ça prenait ce *show*-là ici! Et j'ai été étonné de voir le degré de volonté de nos participants », raconte-t-il en faisant référence à une expérience au cours de laquelle la majorité des gens ont accepté qu'un lanceur de hache professionnel (oui, ça existe!) vise tout près de leur corps.

Le producteur a été agréablement surpris par le portrait de la province que lui offraient ses « rats de laboratoire ». « Dans la société, on fait beaucoup de Québec *bashing*, mais les candidats se sont révélés être des gens curieux et intéressés par l'aspect scientifique des choses. Ça montre une belle image de qui on est, je trouve. »

Le gros laboratoire, le mercredi à 21 h à ICI Explora, dès le 19 décembre.



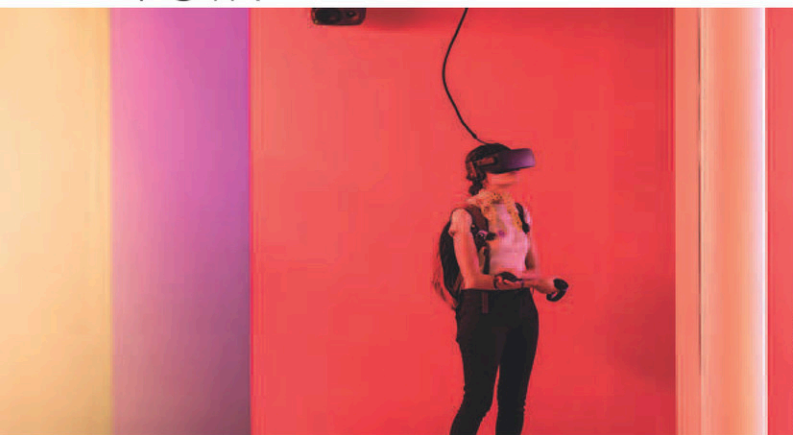
ÉCOUTER
**Tête-à-tête
en mains
expertes**



Deux épidémiologistes qui avouent ne pas se laver les mains assez souvent, un ophtalmologiste qui raconte avoir découvert un clou planté près des yeux d'un patient qui n'en savait rien, une égyptologue qui compare les sarcophages aux BMW de notre époque...

Dans le balado *Ologies*, les scientifiques les plus captivants s'entretiennent avec une passion débridée sur leur objet de prédilection, de la géologie à la cosmétologie. L'intervieweuse et auteure scientifique Alie Ward mène les discussions avec un enthousiasme contagieux. Ne vous laissez surtout pas freiner par la durée des épisodes: ça passe plus vite qu'un rendez-vous chez n'importe quel « -ologiste »!

Ologies (en anglais), accessible sur iTunes, Google Play, etc. alieward.com/ologies



SANDRA LAROCHELLE

Une expo qui fait du bruit

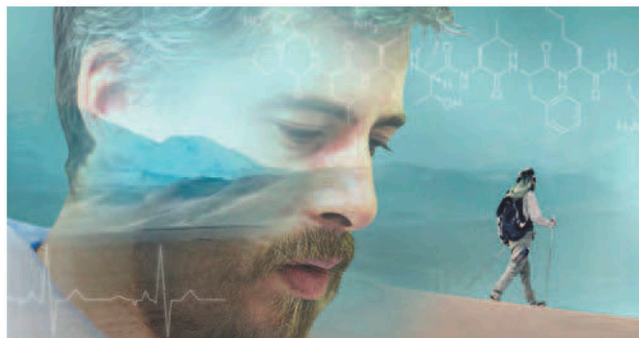
L'exposition *Écho : réverbération dans l'espace* du Centre Phi, à Montréal, présente une nouvelle cuvée d'œuvres en réalité virtuelle. Elle nous plonge dans les sonorités du cosmos à travers la trilogie *Spheres*, tandis que *Space Explorers: Taking Flight* nous invite à suivre des astronautes pendant leur entraînement. Il y a également le court documentaire *The Real Thing*, une immersion dans ces fausses villes que sont les reconstitutions chinoises de Paris ou de Venise.

Écho : réverbération dans l'espace, au Centre Phi, à Montréal, jusqu'au 20 janvier 2019.

Achat des billets en ligne : phi-centre.com

REGARDER

La splendide machine



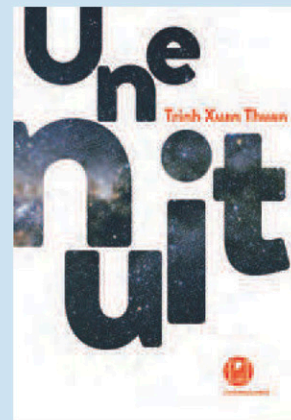
Toujours au rayon des cobayes, en voilà un qui n'a pas froid aux yeux : Marc Mouret, un ex-ingénieur qui s'est donné pour mission, dans le documentaire scientifique *100 jours*, de réaliser les défis sportifs les plus intenses. Il a ainsi nagé 1 km en eau glaciale, marché 100 km dans un désert pendant la plus chaude période de l'année et gravi une montagne de 7 000 m sans oxygène. Et le Français ne s'est accordé que 100 jours pour se préparer physiquement à chaque épreuve, ce que certains mettent une vie à réaliser. Il s'est soumis, entre autres, à une batterie de tests pour voir comment il réagissait au froid (dont rester en caleçon dans le frigo d'un supermarché pendant 40 minutes) en vue d'apprendre ensuite à le supporter. Les réactions du corps en apnée, en altitude ou en panique sur un fil de fer sont d'ailleurs bien vulgarisées. Et à lire la douleur sur le visage de notre héros, on peut se dire que, s'il n'y en a pas de facile, le corps reste néanmoins une splendide machine.

100 jours, le vendredi à 19 h 30 à TV5 Monde (six épisodes de 60 minutes), dès le 30 novembre.

Voyage au bout de la nuit

Profitant de l'une de ses précieuses nuits de recherche à l'observatoire du Mauna Kea, à Hawaii, l'astrophysicien Trinh Xuan Thuan nous fait explorer le cosmos. Dans cet essai présenté sous forme de balade méditative, il nous raconte les collisions avec les astéroïdes, l'évolution des mouvements de la Lune et des lumières de l'ombre, vulgarisant les beautés de l'Univers avec un naturel désarmant. Cette manière scientifique de lire le ciel, mâtinée de poésie et d'œuvres d'art, se lit de préférence calé sous les draps, et meuble brillamment les heures d'insomnie.

Une nuit, par Trinh Xuan Thuan, Éditions de L'Iconoclaste, 280 p.



REGARDER



Dans la forêt avec Jane et les chimpanzés

Le nom de la primatologue britannique Jane Goodall est bien connu du grand public. Si plusieurs documentaires ont déjà mis son travail en lumière, peu d'entre eux l'ont fait d'une manière aussi intime et bouleversante que *Jane*, réalisé par Brett Morgen. Grâce à plus d'une centaine heures d'archives vidéos dont certaines n'avaient encore jamais été vues par la principale intéressée, le film offre une incroyable expérience immersive. On y accompagne la scientifique autodidacte en Tanzanie dès le début de son aventure auprès des chimpanzés, dans les années 1960, et l'on participe aux observations qui ont révolutionné notre manière de penser la place des humains dans le règne animal. *Jane* expose avec finesse comment les expériences personnelles de la célèbre chercheuse, entre autres son histoire d'amour avec le cinéaste Hugo van Lawick et sa vie familiale, ont influencé l'étude de son sujet. Une ode inspirante à la détermination, accompagnée de la splendide bande musicale du compositeur Philip Glass.

Jane, documentaire à voir sur Netflix (traduit en français), 90 minutes.

RÉTROVISEUR

L'HISTOIRE DES SCIENCES VUE PAR SATURNOME

Voir un canard vous parler de brosses à dents vous semble sans doute étonnant...



Après tout, les canards n'ont pas de dents!

Mais demandez à mes collègues Donald Duck et Daffy Duck, nous les «canards cartoons» avons des dents visibles à l'occasion!



Voyez vous-même!

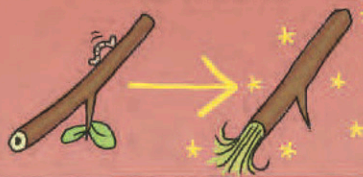


J'avoue cependant n'avoir jamais entendu parler de brosses à dents avant l'écriture de cette page.

Je suis juste un canard, quand même.



Dans un texte écrit il y a 2600 ans en Inde, on recommandait de mâchonner l'extrémité d'un petit rameau pour obtenir avec les fibres ainsi dégagées une sorte de brosse à dents.



Au premier siècle de notre ère, Pline l'Ancien conseillait l'utilisation du cure-dent.



Bonus: ça vous donne l'air d'un dur à cuire!

C'est en Chine qu'a été inventée la brosse à dents, vers l'an 1500. Elle est introduite en Europe 50 ans plus tard.



Wow!!

?

Il s'agit alors d'un objet de luxe, et même d'un accessoire de mode, certains portant le leur au cou!



Il faudra attendre l'industrialisation pour que l'objet fasse partie de la vie quotidienne de tous.



Très en avance sur son temps, la compagnie américaine Motodent propose en 1938 un appareil électrique à tête circulaire.



Aujourd'hui il existe des brosses à dents à connexion Bluetooth qui accumulent des données sur votre Hygiène buccale. On vit dans un monde dingue.

Quant au futur, on dit que...

TEUH!

TEUH!



Ah... zut.

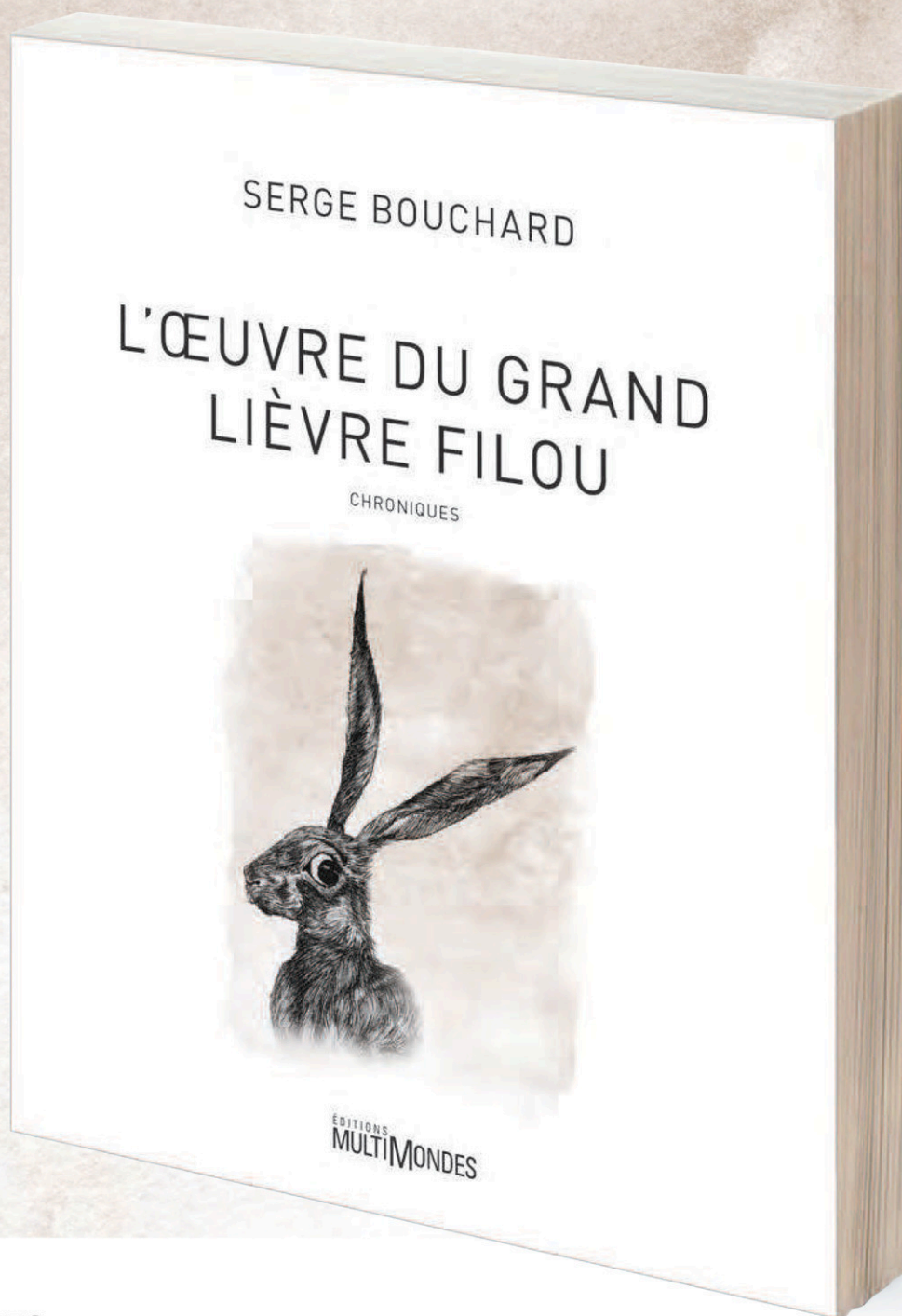


Brossez vos dents, chers Lecteurs.

LIRE SERGE BOUCHARD

fait du bien

Chroniques tenues dans le magazine
Québec Science entre 2009 et 2018.



ÉDITIONS
MULTIMONDES
TRENTE ANS
www.multim.com



Également disponible
en version numérique



Les sciences de l'activité physique

Kinésiologie, éducation physique et à la santé, plein air et ergonomie

Activez votre carrière!

PROGRAMMES OFFERTS

> **Baccalauréat d'intervention en activité physique :**

- Profil kinésiologie
- Profil enseignement de l'éducation physique et à la santé

> **DESS en intervention ergonomique**

> **Programme court de 2e cycle en intervention en contexte de plein air**

> **Maîtrise en kinanthropologie :**

- Profil avec mémoire
- Profil professionnel, concentration en ergonomie

AUTOMNE 2019 | Admissions en cours
sciences.uqam.ca/programmes

UQÀM