



ASTRONOMIE

32 Sommes-nous seuls dans le cosmos?

Grâce aux percées technologiques, ainsi qu'à la volonté de chercheurs et de philanthropes enthousiastes, la quête de la vie extraterrestre est plus que jamais à l'ordre du jour.

Par Mélissa Guillemette

En couverture

16 Le cerveau aussi a besoin de vacances

Les neurologues et les psychologues s'entendent: les vacances sont bonnes pour la santé des méninges. Mais afin d'en retirer tous les bénéfices, encore faut-il savoir décrocher.

Par Marie Lambert-Chan



PAGE COUVERTURE : JEAN-JULIEN



BIOLOGIE

Planète champignon

Les champignons sont à la base de la vie sur Terre et les sciences biologiques sous-estiment leur rôle depuis trop longtemps.

Un dossier spécial de Joël Leblanc et Guillaume Roy

22 Passionné de spores

Une entrevue avec J. André Fortin

25 Le mystère de la morille de feu

26 Le boom du mycotourisme

ENVIRONNEMENT

L'enjeu agricole

2016 a été proclamée Année internationale des légumineuses par les Nations unies. Une occasion pour prendre conscience de l'importance des enjeux agricoles. En voici quatre, glanés aux quatre coins de la Terre.

Un dossier de Mélissa Guillemette, Joël Leblanc, Nicolas Mesly et Bouchra Ouatik

38 Inde: Le dérapage de la révolution verte

40 Québec: Apatite, bactéries, mycorhizes et eaux usées

42 Nigeria/Bénin/Manitoba: Le potager n'est pas plus vert chez le voisin

44 Kenya: De la viande qui fait « bizz »



RUBRIQUES

4 BILLET En finir avec l'égotourisme Par Raymond Lemieux 5 AU PIED DE LA LETTRE 48 À LIRE

CHRONIQUES



9
Normand Baillargeon
Le paradoxe de Fermi



14
Jean-Pierre Rogel
Ce béluga a un nom



49
Jean-François Cliche
Un « spaghetti » de variables



50
Serge Bouchard
Une terre sans moustique ni pou

ACTUALITÉS

POLITIQUE

6 MISER SUR LA LA SCIENCE

La nouvelle ministre des Sciences, Kirsty Duncan parviendra-t-elle à réparer les pots cassés par ses prédécesseurs conservateurs?

Propos recueillis par Marc-André Sabourin



GÉOLOGIE

11 BIENVENUE EN ANTHROPOCÈNE

La Terre a une histoire, même sans nous. Et les géologues vont décider cet été si nous sommes ou non à l'aube d'un nouvel âge.

Par Raymond Lemieux

MÉDECINE

12 LES PLUS PATIENTS DES PROFS

Les médecins apprennent beaucoup de choses à leurs patients. Mais l'inverse est aussi vrai. L'Université de Montréal l'a compris et a orchestré une innovation pédagogique sans précédent.

Par Martine Letarte



Le boom du mycotourisme

Une nouvelle ère s'ouvre au Québec, celle du champignon ! Les amateurs se réjouissent, les entrepreneurs applaudissent, les régions s'enrichissent. Quant aux projets et aux succès scientifiques, eh bien ils poussent comme... vous savez quoi.

Par Guillaume Roy

Chanterelle, morille, champignon homard, pied-de-mouton, bolet, matsutake, armillaire ventrue... Les Québécois commencent enfin à découvrir les délices de leurs sous-bois. « On compte aujourd'hui 14 cercles mycologiques au Québec et toute une communauté de scientifiques bénévoles qui ont identifié plus de 2 450 espèces sur le portail de

Mycoquébec, se réjouit le biologiste J. André Fortin. Aussi, plus de 100 entreprises commercialisent maintenant chez nous des produits forestiers non ligneux (PFNL) – champignons, plantes, noix et fruits sauvages retrouvés en forêt. C'est un essor sans précédent ! »

Mais comment, parmi les 3 000 espèces de champignons forestiers, distinguer la dizaine qui sont savoureux et comestibles ? Le « mycotourisme » fait partie de

la réponse. Dans toutes les régions du Québec, des « myco-entrepreneurs » misent désormais sur les touristes, comme le fait Amyco champignons sauvages, dans Charlevoix. « Tous les samedis, on offre des sorties d'initiation à la cueillette. L'intérêt est grandissant. C'est que de plus en plus de gens souhaitent entrer en relation avec la nature; la cueillette sauvage est une bonne façon d'y parvenir », soutient Anthony Avoine Giguère,



Armillaire commun



Bolet



Agaric des prés



Pied-de-mouton



biologiste et propriétaire d'Amycos qui a accueilli une centaine de mycologues en herbe, l'an dernier.

Même son de cloche au domaine Gourmet sauvage, à Saint-Faustin-Lac-Carré, dans les Laurentides, où plus de 200 personnes assistent aux ateliers de cueillette organisés chaque année. « Les cours sont pleins et on a de bonnes listes d'attente. De plus en plus de gens veulent apprendre à cueillir les champignons forestiers », se réjouit Gérald LeGal, un pionnier de la commercialisation des champignons forestiers, qui a lancé son entreprise en 1993.

Mais le mycotourisme ne fait pas l'affaire que des entrepreneurs. En dynamisant l'arrière-pays forestier, il fait bénéficier de ses retombées économiques des régions entières, estime Marie-France Gévry, biologiste à la faculté de foresterie, de géographie et de géomatique de l'Université Laval et administratrice de l'Association pour la commercialisation des produits forestiers non ligneux (ACPFNL).

Dans la région de Kamouraska, par exemple, élus, citoyens et gens d'affaires

ont décidé de mettre leurs efforts en commun pour faire de l'industrie du champignon, depuis la forêt jusqu'à la table, un levier de développement régional. Leur « stratégie champignon », officiellement lancée en 2013, exigeait en ce sens de stimuler l'émergence d'entreprises mycologiques, de former des équipes de guides et d'inciter les restaurants et les hôtels à prendre le virage champignon, explique Pascale G. Malenfant, professionnelle de recherche et chargée du projet chez Biopierre, un centre de valorisation des bioproduits.

Trois ans plus tard, continue-t-elle, la stratégie commence à porter ses fruits : « Ainsi, la Pourvoirie des Trois Lacs, à Saint-Bruno-de-Kamouraska, a formé 300 personnes à la cueillette, l'an dernier. La fréquentation augmente de 35 % chaque année et près de la moitié des touristes proviennent de l'extérieur de la région. » De plus, un atelier de conditionnement achète les champignons des cueilleurs, six restaurants ont désormais des champignons au menu et sept bou-



La Mycoboutique

DES CHAMPIGNONS EN VILLE

Montréal n'échappe pas à la fièvre des champignons. La Mycoboutique, qui se décrit comme le marché général du champignon, initie plus de 600 personnes par an. Mais il n'y a pas que la cueillette. La restauration fait aussi partie intégrante du mycotourisme et les chefs du Québec sont nombreux à faire la promotion des champignons du terroir. « Il y a 10 ans, il n'y en avait presque pas. Aujourd'hui, il n'y a pas un restaurant qui se respecte sans champignons au menu », note Pierre Noël, propriétaire de la Mycoboutique.



PRÉPAREZ VOS PANIERS!

Quelques suggestions d'endroits où s'informer pour organiser une sortie champignons.

Filière mycologique de la Mauricie
mycomauricie.com

Mycotourisme Kamouraska
www.mycotourismekamouraska.com
Mycoboutique, Montréal
www.mycoboutique.com

Parc régional du Massif du Sud-Chaudière-Appalaches
massifdusud.com/initiation-a-la-cueillette-des-champignons/

Amyco champignons sauvages, Charlevoix
www.amyco.ca

Forêt Montmorency
www.foretmontmorency.ca/fr/activites/autres-activites/de-la-foret-a-l-assiette-champignons/
Champignon boréal, Saguenay
www.facebook.com/champignonboreal

Aventure Myco Boréale, Mashteuiatsh
www.facebook.com/aventuremyco
Faune en Nord, Chibougamau
www.fauenord.org

Écogites du lac Matagami
www.ecogiteslacmatagami.ca



tiques en vendent au grand public. Pour assurer la stabilité sur les marchés, un réseau de producteurs de champignons est en voie de formation. « C'est plus que du mycotourisme. C'est une économie qui émerge! » résume fièrement Pascale G. Malenfant.

Le champignon est même en train de devenir une fierté régionale. En septembre dernier, plus de 500 personnes se sont déplacées pour participer au premier Festival des champignons forestiers du Kamouraska. Au programme: cueillette en forêt, kiosques mycologiques, dégustation de champignons et démonstrations culinaires, et même atelier de teinture à base de champignons! « C'était au-delà de nos espérances, surtout pour un festival organisé en un mois », mentionne Perle Morency, propriétaire du café-bistro Côté Est, qui a organisé l'événement conjointement avec Biopterre, et qui travaille déjà à sa deuxième édition: « Nous sommes en train de nous créer une identité culinaire régionale », croit-elle.

Les mycologues de Kamouraska ont pris pour modèle la province de Castille-et-León, en Espagne, connue pour être la référence mondiale en mycotourisme. Sur un territoire forestier de 27 000 km², presque 30 fois plus petit que celui des forêts de tout le Québec (761 100 km²), il se cueille annuellement 27 000 tonnes de champignons, et la majorité des restaurants les mettent au menu. Près du tiers des revenus sont générés par le secteur récréatif et plus de la moitié de la population rurale dépend

de cette activité. La forêt y est même aménagée pour favoriser la production de champignons.

Également inspirés par le modèle espagnol, des intervenants socioéconomiques de la Mauricie, cette fois, souhaitent mettre le champignon en vedette pour en faire un produit d'appel touristique, fait savoir Patrick Lupien, ingénieur forestier et coordonnateur de la Filière mycologique de la Mauricie, une initiative qui a vu le jour en 2014 sous le leadership du Syndicat des producteurs de bois de la Mauricie (SPBM).

Depuis 2 ans, plus de 500 personnes ont suivi une formation d'initiation de 1 journée donnée par les différentes entreprises de la Filière, rappelle M. Lupien. Mais, cet été, c'est une gamme complète d'activités mycotouristiques qui est offerte avec le projet *La route des champignons*. « Des forfaits incluent la cueillette, la cuisine, des repas gastronomiques et l'hébergement. Il y a un très fort engouement, chez les épcuriens, pour des aliments santé produits près de chez soi », dit-il.

Fred Chappuis, un chef à domicile basé à Trois-Rivières a donné un atelier de mise en valeur des champignons forestiers à plus d'une vingtaine de chefs de la Mauricie. « C'est vraiment génial, pour un cuisinier, de travailler avec les ressources du terroir, surtout le champignon crabe, qu'on trouve seulement en Amérique du Nord », dit-il.



ALEX POTEKIN/ISTOCKPHOTO

AUGMENTER LA PRODUCTION DE CÈPES DANS LES PLANTATIONS

Dans de bonnes conditions, une plantation d'épinettes peut produire plus de 30 kg de bolets par hectare – une valeur annuelle de 600 \$/ha –, ce qui permettrait d'améliorer les revenus tirés de forêts privées. Des recherches sont nécessaires pour identifier quels aménagements pourraient stimuler la croissance des différents bolets prisés par les gastronomes, dont le cèpe d'Amérique, croit Marie-France Gévy, biologiste à l'Université Laval et administratrice de l'Association des produits forestiers non ligneux du Québec (ACPFNL).

Pour se positionner comme leader de l'industrie au Québec, la Mauricie souhaite former tout un écosystème d'entreprises pour stimuler le tourisme, mais aussi la cueillette, la transformation et la commercialisation des produits. C'est pourquoi la Filière mycologique travaille sur l'implantation de la première usine de transformation commerciale de champignons au Québec. Si tout va comme prévu, l'usine, d'une valeur estimée à



LE CHAMPIGNON HOMARD

Avez vous déjà aperçu un gros champignon orange et difforme en bordure d'un sentier? Si cela vous arrive, ramassez-le, il pourrait s'agir de l'un des très bons champignons comestibles au Québec. Parce que son nom officiel – dermatose des russules – fait penser plus à une maladie de peau qu'à un trésor gastronomique, on préfère le commercialiser sous l'appellation « champignon homard », « champignon crabe » ou encore « russule orangée ».

Mais sachez que c'est en fait la russule à pied court qui est parasitée par un autre champignon *Hypomocès lactiflorum*. Plus le champignon est infesté, plus sa couleur, initialement blanche, devient orangée. Geneviève Laperrière, étudiante au doctorat à l'Université du Québec à Trois-Rivières, travaille dans le cadre d'un projet de recherche afin de déterminer comment un champignon au goût médiocre peut ainsi devenir aussi savoureux.

entre 750 000 \$ et 1,5 million de dollars, devrait voir le jour d'ici trois ans.

Les projets scientifiques ne sont pas en reste. La Filière travaille entre autres avec Hugo Germain, directeur du Groupe de recherche en biologie végétale à l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR) et son étudiante au doctorat, Geneviève Laperrière.

Contrairement à nombre de plantes, les champignons sont éphémères. Et comme chaque espèce apparaît à une période différente de la saison, il est difficile et coûteux d'en faire l'inventaire. Mais des recherches sont en cours pour trouver le moyen de déceler la présence de mycélium, la partie végétative du champignon, cachée dans le sol. En 2015, l'équipe d'Hugo Germain a d'ailleurs réussi à détecter la présence de quatre espèces de champignons à la fois, grâce à une technologie mise au point par Génome Québec.

« Cette technologie nous permet d'aller chercher 15 millions de séquences d'ADN d'un seul coup, dit le chercheur. Plus les séquences d'un champignon sont nombreuses, plus il est abondant. » Étant donné que les champignons forestiers développent des relations symbiotiques avec les racines des arbres, il deviendrait alors possible de faire des corrélations entre la présence d'un champignon et 75 facteurs abiotiques – c'est-à-dire physico-chimiques – dont le type de végétation, la nature du terrain, la pente, l'hydrographie et la topographie. « Cette étude permettra de prédire où se trouvent les champignons à partir d'un modèle fondé sur les différentes données que l'on retrouve sur les cartes forestières qui sont particulièrement précises au Québec », commente Danny Brisson, propriétaire de Prograph (www.prograph.com), une entreprise de cartographie basée en Abitibi. Le géomaticien travaille actuellement à différents projets de mise en valeur des PFNL en collaboration avec les communautés algonquines de la région, mais il estime que le modèle en préparation pourra s'appliquer n'importe où au Québec. ☐

Un trésor japonais

Son nom signifie « champignon des pins ». Le matsutake est consommé au Japon depuis des temps immémoriaux mais, comme une très grande partie des forêts de pins de l'archipel ont été rayées de la carte par la maladie du dépérissement du pin, la production de ce champignon s'est presque totalement effondrée. « Les Japonais adorent les produits saisonniers du terroir et la rareté du matsutake fait en sorte que les prix atteignent 2000 \$/kg au Japon », témoigne Masaka Takahatake, vice-présidente de l'Association Canada-Japon de Montréal. On comprend que le Québec fasse figure de paradis pour les amateurs japonais!

Ce champignon convoité, symbole traditionnel de prospérité et de richesse, l'est aussi pour son parfum exceptionnel de menthol et de cannelle, ainsi que pour ses vertus... aphrodisiaques. Il faut dire que le matsutake atteint sa valeur maximale lorsque les spécimens sont encore jeunes et qu'ils ont la forme d'un pénis en érection!

Le matsutake pousse principalement dans les vieilles forêts de pins gris, particulièrement abondantes dans le Nord-du-Québec. Des projets de localisation par télédétection réalisés par Biopterre, il y a quatre ans, ont par ailleurs permis d'identifier l'habitat du matsutake avec une probabilité de 93%. On parle d'une moyenne de 46,3 kg/ha de ce



PIERRE CHEVRIER

Un amateur venu expressément du Japon brandit un matsutake comme un trophée!

champignon sur les sols où le lichen est mince, et de 15,2 kg/ha sur les sols à lichen épais.

Après avoir participé à une mission commerciale au Japon et à un projet-pilote d'accueil de mycotouristes japonais à Wemindji, en territoire cri, Pierre Chevrier, ancien coordonnateur à Biopterre et aujourd'hui propriétaire des ÉcoGîtes du lac Matagami, souhaite profiter de son expertise pour attirer la clientèle japonaise, dès l'automne prochain. « Les matsutakes constituent une ressource exceptionnelle et abondante, mais difficile d'accès dans certains secteurs. Ils sont un peu les diamants de la forêt, comme disent les Japonais », illustre-t-il.

Dans cette région, déplore cependant Sylvain Paquin,

directeur du Centre d'information et d'apprentissage culturel cri (CIACC), certains touristes ne sont pas les bienvenus. « On a des problèmes avec les cueilleurs "mercenaires": ils brisent nos parcelles d'inventaire et récoltent n'importe quoi. » M. Paquin souhaite donc que les cueilleurs de l'extérieur reçoivent une formation au CIACC, dans le but d'assurer une cueillette éthique de qualité, et d'en maximiser les retombées pour la communauté cri, où une quinzaine de cueilleurs indépendants participent déjà à l'effort de récolte.

On trouve aussi des matsutakes dans les forêts nordiques du Lac-Saint-Jean, de Charlevoix et de la Côte-Nord. (G.R.)



CULTIVER DES TRUFFES AU QUÉBEC ?

Jérôme Quirion compte récolter bientôt les premières truffes cultivées au Québec. C'est à Saint-Denis-de-Brompton et à Sherbrooke, en Estrie, qu'il a planté, en 2009, 2 000 arbres, principalement des chênes et des noisetiers, mycorhizés de truffes. Alors que toutes les cultures de truffes ont échoué jusqu'à présent, l'entrepreneur de 31 ans espère réussir avec une truffe indigène, *Tuber canaliculatum*, qu'il entend commercialiser sous le nom de « truffe des Appalaches ».



RICHARD BIZLEY/SPL

LES GÉANTS DU CAMBRIEN

Des champignons géants de 8 m de hauteur et de 1 m de diamètre ont été les premiers organismes géants à s'implanter sur la terre ferme il y a 420 millions d'années. Ils devaient détonner dans le paysage à une époque où les plantes mesuraient à peine plus de 1 m.

Dès 1859, dans la région de Gaspé, William Dawson, un géologue canadien, a découvert d'énormes fossiles de prototaxites, de mystérieuses structures longtemps considérées comme les premiers troncs d'arbres. Mais la morphologie rectiligne du fossile a suscité des doutes et fait l'objet d'un débat depuis près de 150 ans.

En 2007, le chercheur Kevin Boyce, de l'université Stanford de Californie a résolu une partie du mystère en approchant la question sous un angle

différent. « Nous avons fait l'analyse des ratios d'isotopes de carbone radioactifs (Carbone 12 et 13) près des fossiles. Alors que les végétaux, qui synthétisent le carbone grâce à la photosynthèse, produisent des ratios stables dans le sol, nous avons découvert que les ratios de carbone sont très variables près des prototaxites, ce qui signifie qu'ils étaient des organismes hétérotrophes, ce qui nous laisse penser à une forme primitive de champignon », explique le paléontologue. De plus amples recherches moléculaires pourront éventuellement déterminer si ces organismes étaient de réels cryptogames ou non.

Les prototaxites ont disparu il y a 350 millions d'années, soit près de 30 millions d'années après l'apparition des arbres sur Terre.

MANGEUR DE PLASTIQUE

Au cœur de la forêt amazonienne tropicale, une équipe de chercheurs de l'université Yale, au Connecticut, a trouvé une espèce de champignon du genre *Pestalotiopsis* qui a la capacité de décomposer le polyuréthane. Le champignon peut même survivre en consommant exclusivement du plastique sous forme liquide ou solide, ce qui laisse présager un excellent potentiel de biorémédiation – de décontamination si vous préférez. Une solution pour traiter les 300 millions de tonnes de plastique produites chaque année sur la planète?



LE PLUS GROS ORGANISME SUR TERRE?

Le plus gros organisme sur Terre est un champignon. Un spécimen d'armillaire couleur de miel (*Armillaria ostoyea*) couvre 9,65 kilomètres carrés de forêt en Oregon, aux États-Unis. La découverte a été faite lors de l'analyse d'arbres morts qui avaient été colonisés par ce champignon. Le monstre aurait entre 4 000 et 8 650 ans!

LES CHAMPIGNONS S'EMBALLENT



Mille ans, c'est le temps qu'il faut au polystyrène pour se dégrader. Pourtant, il existe des emballages qui se décomposent en seulement 30 à 90 jours.

C'est ce que l'entreprise new-yorkaise Ecovative offre à ses clients : des produits faits à base de mycélium, la partie végétative des champignons, et de résidus agricoles. On fait croître le mycélium dans un moule, puis on le sèche pour arrêter sa croissance. Le produit demeure stable jusqu'à ce qu'il soit jeté au compost.

SQUATTEUR DE FOURMIS

Lorsque le champignon *Cordyceps unilateralis* infecte une fourmi, il prend littéralement les commandes de son cerveau! Ainsi, tel un zombi, la fourmi se met à grimper dans un arbre, s'immobilise là où son ravisseur le décide, c'est-à-dire à un endroit propice à son propre développement, puis elle meurt.

Le parasite grandit à même le cadavre de la fourmi. Le moment venu, il en émerge et dissémine ses spores tout autour.

