



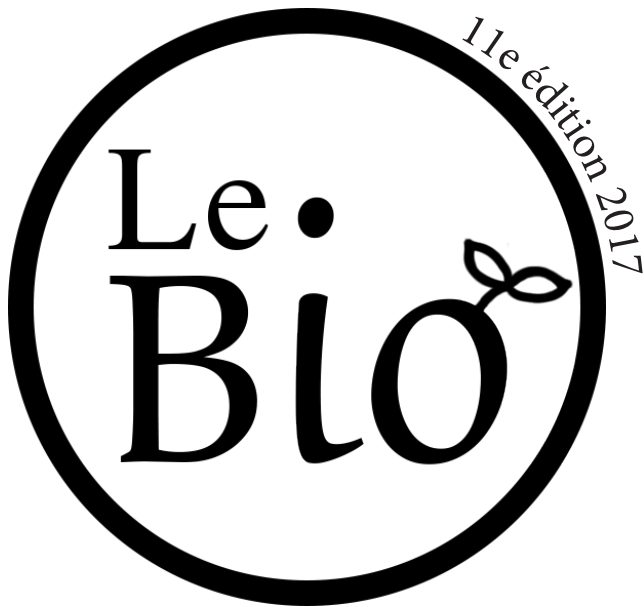
ZIKA:
phénomène médiatique?

NE RÉVEILLEZ PAS
la chauve-souris qui dort!

ET SI L'HABIT
faisait la plante?

VOUS AVEZ PEUR DU NOIR?
blâmez vos ancêtres!

VOS TÉTONS
vous sont-ils utiles?



« Champignons et mousses sur une souche de la forêt mature à la base écologiques de St-Michel-des-Saints août 2015. »

© Marie Elen Dupuis

L'équipe :

Catherine Ayotte
Oliverio Lemus Folgar
Tommy Malaret
Éliane Duchesne
Héloïse Piché-Couturier
Didier Eustache-Létourneau
Jérémy Campeau-Poirier
Kimberley Desjardins
Émilie Desjardins

Graphisme et mise en page :

Özgür Yörük
Laurie Gauthier
Marlène Labrecque
Marylou Meyer

Auteurs-es :

Catherine Ayotte, Catherine Cobeil, Émilie Desjardins, Kimberley Desjardins, Éliane Duchesne, Oliverio Lemus-Folgar, Laurie Gauthier, Marilou Guay, Charbel Hanna, Marlène Labrecque, Carla Mahé, Héloïse Piché-Couturier, Geneviève Proulx et Claudine Tessier, Louis Duhamel Beaudri, Marie Elen Dupuis, Dider Eustache-Létourneau, Gabriel Thibodeau, Roberto Sepulveda-Mina

Comité de sélection :

Stéphanie Guernon - Candidate à la maîtrise en biologie, UQÀM;
Auréli Lagueux-Beloin - Candidate à la maîtrise en biologie, UQÀM;
Christine Dépatie - Candidate à la maîtrise en biologie, UQÀM;
Catherine Landry - Candidate à la maîtrise en biologie, UQÀM;
Frédérique Pellerin Catellier - Candidate au doctorat, UQO;
Carine Monat-Reliat - Candidate au doctorat, UdeM;
Marie-Ève Gagnon - Candidate à la maîtrise en biologie, UQÀM;
Aurélien Stirneman - Candidat au doctorat, UQÀM
Claire Lépine - Agente de programmes éducatifs, Biodôme de Montréal;
Louis Lazure - Biologiste en conservation et recherche au Zoo de Granby;
Tatiana Cardinal - Candidate au doctorat - UQÀM;
Nicole Audet - Médecin de famille et écrivaine;
Sophie Malavoy - Directrice du Coeur des Sciences;
Alexandre Langlais-Bourassa - Candidat à la maîtrise en biologie, UQÀM;
Stéphane Barriault - Candidat à la maîtrise en biologie, UQÀM;
Clément Caté - Candidat au doctorat, UQÀM;
Rial Ahmed Sabri - Candidat au doctorat, UQÀM;
Chantal d'Auteuil - Directrice générale de l'Association des biologistes du Québec;
Karelle Desrosiers - Candidate à la maîtrise en biologie, UQÀM;
Félix Lorrin Landry - Candidat à la maîtrise en Gestion Durable des Écosystèmes Forestiers, UQÀM;
Antoine Beaulieu - Candidat à la maîtrise en biologie, UQÀM;

Encadrement professoral :

Yves Mauffette et Nicolas Pilon

Autres collaborateurs :

Réjean Langlois et Roger Lavoie



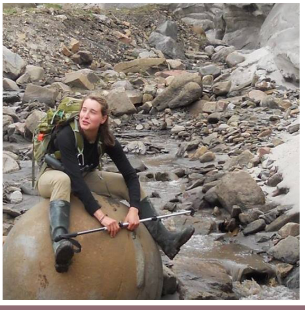
La 11e édition du «*Point bio*», c'est :

Kimberley - Comité Lancement Fontaine de créativité et porte-voix officiel
Tommy - Correction et the night's watch
Catherine - Bâtitseuse de rêves de lancement et cueilleuse de cidre
Charbel - Correction et Prêtre de l'insécable



Oliverio - Réincarnation de Gutenberg et prête nom officiel
Héloïse - Factotum à huit bras
Eliane - Poulpe de compagnie et dégourdie de la synchronie

Émilie - Magicienne des commandites
Jérémie - Cartomancien de la sélection des articles
Didier - Habile créature (monstre) avide de savoir



Marlène - Graphisme - Symbologiste et goûteuse des grands jours
Laurie - Graphisme - Chorégraphe des images et des lettres
Marylou - Graphisme - Créatrice d'harmonie et styliste papier
Özgür - Graphisme - Professionnel des arts appliqués - faction informatique

| Mot de l'équipe

Chère lectrice, cher lecteur,

Vous tenez entre vos mains un document très précieux. Cet ouvrage contient les meilleurs articles sélectionnés parmi 17 écrits dans le cadre d'un cours du baccalauréat en biologie en apprentissage par problèmes de l'UQAM. Ils sont issus, non seulement d'une revue parfois assez exhaustive de la littérature scientifique publiée sur un sujet sélectionné, mais aussi d'un délicat exercice de vulgarisation de toute cette information.

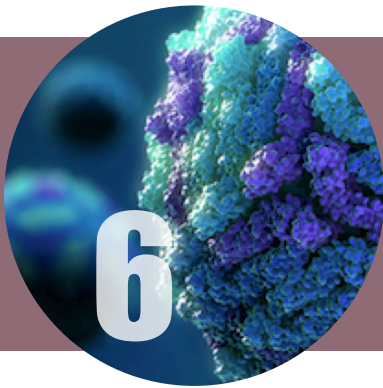
À l'instar des dix éditions l'ayant précédé, cette revue vise la transmission de connaissances qui sont souvent trop précieusement gardées dans le contenant hermétique de la Science. Nous désirons, via celle-ci, vous transmettre notre passion pour tous les phénomènes biologiques et leurs applications avec le brin de folie qui anime parfois cet appétit. Nous dédions donc cette revue à toutes les curieuses et tous les curieux de ce monde et espérons que vous trouvez le petit détail qui fera briller vos yeux.

Cette année, nous désirions que la présente édition reflète la multiplicité. Nous avons d'abord ajusté notre mode de fonctionnement à cette idée en adoptant une structure horizontale et démocratique pour toutes les réunions et les décisions du comité. Le tout a nécessité une logistique un peu plus importante, mais a réuni un plus grand nombre de personnes qui ont toutes ajouté leur grain de sel au projet. C'est pourquoi ce mot n'est pas celui de la rédactrice ou du rédacteur en chef, mais bien celui de l'équipe.

Nous avons aussi tenu à ce que cette multiplicité soit représentée par les textes ainsi que les points de vue et les exemples qui y sont amenés. Il est particulièrement excitant que plusieurs des sujets traités dans cette édition ont rarement été abordés, du moins jusqu'à aujourd'hui, par les médias de masse et les revues de vulgarisation scientifique de grande ampleur. Les articles tentent aussi d'exposer les différents points de vue qui articulent les controverses au cœur desquelles certains sujets s'inscrivent.

Ainsi, c'est avec joie que nous vous offrons cette 11e édition de la revue *Le Point biologique*. Nous vous souhaitons une excellente lecture et espérons que vous saurez apprécier et partager ces nouvelles découvertes!

L'équipe de la revue *Le Point biologique*, 11e édition



Sommaire |



6| ZIKA:
phénomène médiatique?



12| NE RÉVEILLEZ PAS
la chauve-souris qui dort!

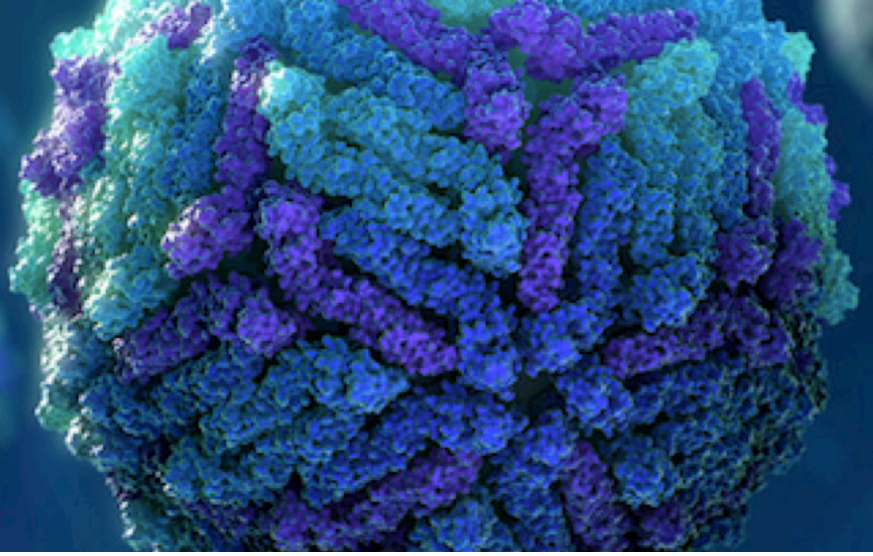


18| ET SI L'HABIT
faisait la plante?



26| VOUS AVEZ PEUR DU NOIR?
Blâmez vos ancêtres!

32| VOS TÉTONS
vous sont-ils utiles?



ZIKA : phénomène médiatique?

**Kimberley Desjardins, Laurie Gauthier,
Marlène Labrecque et Carla Mahé**

Comme tous les deux ans, les Jeux olympiques sont l'événement sportif tant attendu. En 2016, ces compétitions internationales ont été fortement médiatisées, non seulement en raison de la performance des athlètes et des tensions locales à Rio de Janeiro, mais également à cause de l'épidémie à virus Zika. Cependant, la fin des jeux a marqué un silence médiatique quant aux répercussions du Zika sur la population brésilienne. Pourquoi cet intérêt éphémère?

UNE DÉCOUVERTE PEU COMMUNE

Le virus est isolé pour la première fois en avril 1947. Une équipe de recherche surveille alors la température de macaques rhésus, dans une petite forêt du nom de Zika en Ouganda. Cette forêt est choisie, au départ, comme zone d'étude du virus de la fièvre jaune. Le but premier est d'analyser le sang des macaques lorsqu'ils ont une poussée de fièvre, et puis d'en extraire le virus. Curieusement, au laboratoire, le virus à l'étude manque à l'appel et un virus non identifié est observé. En janvier 1948, ce même virus est isolé pour une seconde fois par une nouvelle équipe

de recherche qui tentait d'extraire le virus de la fièvre jaune du moustique *Aedes africanus*. Après maintes analyses, il en est conclu que le nouveau virus se distingue totalement des autres connus à ce jour. C'est ainsi que le virus Zika, nommé en l'honneur de la forêt, est découvert.

SUR LES TRACES DE ZIKA

Cinq ans après sa découverte, soit en 1952, la première infection à virus Zika est recensée chez l'humain, en Ouganda et en République-Unie de Tanzanie. De 1960 à 1980, des cas isolés d'humains infectés sont observés en Afrique. S'étant déplacé vers l'Asie, le virus est alors détecté chez des moustiques en Inde, en Indonésie, en Malaisie et au Pakistan. En 2007, la première grande flambée causée par le Zika atteint environ 73% de la population de l'île de Yap, en Micronésie. Avant cet épisode, seulement 14 cas humains avaient été documentés. En 2012, deux lignées du virus sont

finallement identifiées. La lignée africaine et la lignée asiatique sont pratiquement identiques, mais 3% de leur génome les distingue. De 2013 à 2014 d'autres éclosions ont lieu dans des îles du Pacifique : la Polynésie française, l'île de Pâques, l'île de Cook et la Nouvelle-Calédonie. La première transmission mère-enfant est enregistrée au mois de mars 2014, en Polynésie française.

De février à avril 2015, plus de 7000 cas non sévères de maladies liées à des éruptions cutanées sont recensés, mais le Zika n'est pas suspecté à ce moment. C'est seulement au mois de mai 2015 que le ministère de la Santé du Brésil annonce que le virus Zika est bel et bien présent en Amérique du Sud. En novembre 2015, suite à une augmentation importante de microcéphalie chez les nouveau-nés, le Brésil déclare un état d'urgence de santé nationale. Jusqu'en 2016, plusieurs régions sont touchées, telles que le Mexique, la République dominicaine



et le sud des États-Unis. Suite à l'association du virus avec la microcéphalie et d'autres désordres neurologiques, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) décrète, le 1er février 2016, un Comité d'urgence du Règlement sanitaire international concernant le virus Zika. Depuis la dernière année, beaucoup d'encre a coulé. Le virus semble ne plus se propager autant, l'état d'urgence internationale n'est plus, mais les connaissances sur le virus s'élargissent de jour en jour.

ZIKA, QUI ES-TU ?

Le virus Zika est un arbovirus appartenant à la famille des Flaviviridae, genre Flavivirus, tout comme le virus de la fièvre jaune, le virus de la dengue et le virus du Nil occidental. Le matériel génétique du virus, son ARN, est emprisonné dans une structure constituée d'unités protéiques communes aux virus, la capside, qui est à son tour entourée d'une enveloppe. Le virus Zika est dépourvu d'un complexe énergétique et d'un système biosynthétique nécessaires à son cycle de réplication. L'agent infectieux se réplique donc par l'intermédiaire d'une cellule hôte, spécialement celles de primates. Ces cellules animales possèdent la machinerie cellulaire essentielle pour leur

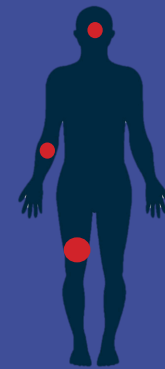
réplication et leur propagation. Ainsi, sans son hôte, le virus est tout à fait inoffensif. Les particules virales administrées par la piqûre d'un moustique femelle infecté ciblent en premier lieu les cellules permissives, des cellules favorisant l'entrée du virus. Celles-ci représentent les cellules immunitaires de la peau, telles que les fibroblastes, les kératinocytes et les cellules dendritiques immatures. En se liant aux récepteurs de ces cellules, le virus y accède par endocytose et relâche son génome dans le cytoplasme cellulaire. Le flavivirus se réplique, synthétise les protéines de structure nécessaires à sa propagation et s'assemble, formant un nouveau virion. Cette particule virale est libérée de la cellule hôte par bourgeonnement, et infecte ensuite de nouvelles cellules saines.

ATTENTION, ÇA PIQUE!

Le virus Zika a un complice bien à lui : le moustique! Il existe près de 3300 espèces différentes de moustiques, mais, selon le gouvernement du Canada, seules certaines espèces du genre *Aedes* sont vectrices du virus Zika. D'ailleurs, le virus Zika a été isolé chez six espèces de moustiques dont *Aedes aegypti* qui semble être le vecteur principal du Zika en Asie et en Amérique.

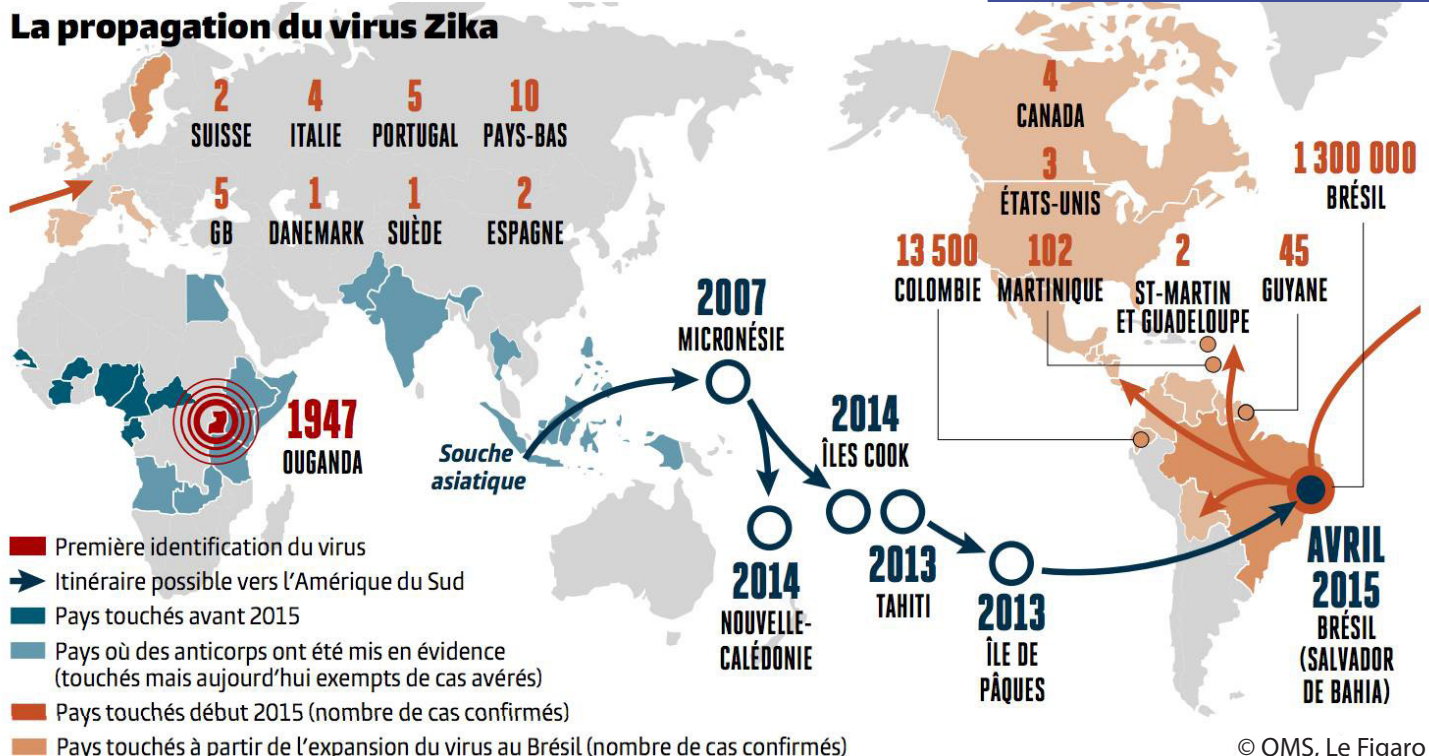
SYMPTÔMES

Les symptômes liés à l'infection à virus Zika sont multiples et s'apparentent à ceux du virus de la grippe : éruptions cutanées, faible fièvre, conjonctivite, fatigue, douleurs articulaires et douleurs à la tête souvent située à l'arrière des yeux. Ces derniers peuvent durer de 7 à 10 jours. Toutefois, le temps de résidence du virus dans certains organes peut dépasser ce délai. Par exemple, son génome a été détecté dans le sperme d'un homme deux semaines suivant la fin des symptômes et 62 jours suivant une éruption cutanée chez un autre homme. Dans 70% à 80% des cas, les personnes atteintes du virus sont asymptomatiques. De plus, à ce jour, certains symptômes possibles n'ont pas été associés au virus.



© Laurie Gauthier

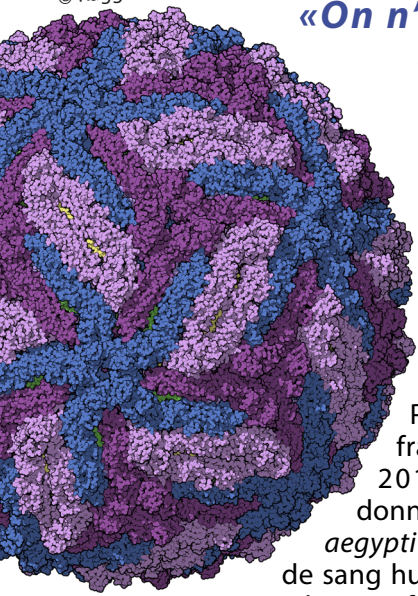
La propagation du virus Zika



© OMS, Le Figaro

«On n'a pas étudié le virus parce qu'on le croyait bénin, et on a continué de le croire bénin parce qu'on ne l'étudiait pas»

Dr Guy Boivin, chercheur en infectiologie au CRI



Il a également été le suspect lors de l'écllosion du virus en Polynésie française en 2013. Étant donné qu'*Aedes aegypti* se nourrit de sang humain, qu'il pique plusieurs fois pour un seul repas sanguin et qu'il fréquente les habitations humaines, il a une capacité vectorielle plus élevée que les autres moustiques chez qui le Zika a été détecté.

Selon Anne-Marie Lowe, conseillère scientifique à l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) et responsable de l'équipe scientifique zoonose de l'INSPQ, une autre espèce de moustique, *Aedes albopictus*, serait un vecteur du Zika, surtout au Mexique. Le fait qu'*Aedes albopictus* soit identifié comme apte à véhiculer le virus peut entraîner certaines inquiétudes puisqu'il a la capacité de vivre plus au nord de l'Amérique.

Lorsqu'une personne est infectée par le virus Zika, celui-ci peut être transmis par le biais de relations sexuelles, de transfusions sanguines et de la mère au fœtus via le placenta. De plus, la sueur et le lait maternel sont des voies de transmission possibles, mais négligeables comme le rappelle Anne-Marie Lowe. Les cas d'infection au virus suite à une transmission sexuelle proviennent d'individus initialement asymptomatiques. La transmission du virus de la mère au fœtus lors de la grossesse causerait, en plus de l'infection, une anomalie congénitale cérébrale chez l'enfant. Cette conséquence a pu être déterminée par la détection d'ARN et de particules virales du Zika dans le liquide amniotique maternel, dans les tissus du cerveau ainsi que dans le placenta de nouveau-nés ayant une microcéphalie.

L'ANGLE MORT DU ZIKA

Le virus Zika est connu depuis 1947, mais les chercheurs s'y sont intéressés que depuis l'épidémie au Brésil en 2015. Connaissant les multiples épidémies avant cette dernière, pourquoi avoir attendu 70 ans pour se pencher sur les ravages de ce virus?

Une des raisons de cet intérêt soudain, en 2015, pourrait être due aux Jeux olympiques. En effet, seulement un an plus tard, le Brésil accueillait la plus grande compétition sportive. Simultanément, une augmentation fulgurante des cas de Zika était observée. Le risque de propagation du virus chez les voyageurs semblait alors très grand.

De plus, en Occident, il est difficile d'obtenir des fonds de recherche afin d'étudier une maladie qui touche l'Afrique. Et comme c'est en Occident que la majorité des recherches médicales se fait, Zika a très peu été étudié depuis sa découverte en 1947. Lors d'une entrevue dans le quotidien *Le Soleil* en février 2016, le Dr Guy Boivin, chercheur en infectiologie à l'Université Laval, affirme que les maladies touchant l'Afrique ont, au cours de l'histoire, été négligées

par la recherche et «qu'on a la recette parfaite d'un cercle vicieux : on n'a pas étudié le virus parce qu'on le croyait bénin, et on a continué de le croire bénin parce qu'on ne l'étudiait pas».

D'autres facteurs contribuent au délai des recherches sur le virus Zika. Selon le Dr Michael Libman, directeur du Centre des maladies tropicales J.D. MacLean de l'Université McGill, le peu de maladies congénitales recensées en Afrique pourrait être dû au faible taux de transmission. « Comme le virus se répand quand un moustique pique une personne infectée et en repique une autre par la suite, dans une population dite " naïve ", qui n'a jamais été exposée au Zika, la maladie se propage très vite. Mais dans une population déjà immunisée, le taux de transmission, soit le nombre de nouvelles infections par jour, est beaucoup plus bas ». D'après Dr Gary Kobinger, directeur du Centre de Recherche en Infectiologie (CRI) de l'Université Laval à Québec, l'immunité innée en Afrique demeure une hypothèse très plausible. Cependant, la surveillance en Afrique est incomplète de même que les données de surveillance. Il n'est donc pas possible d'affirmer et de conclure que la population africaine est immunisée ou même que l'infection est moins sévère.



© Le Soleil

Dr Gary Kobinger, directeur du Centre de recherche en infectiologie (CRI) de l'Université Laval à Québec.

Finalement, il y a le facteur «nombre», c'est-à-dire le nombre de cas de Zika. Les 14 cas recensés au début des années 2000 n'ont pas permis de faire le lien entre le virus et la microcéphalie et le syndrome de Guillain-Barré. Celui-ci s'est plutôt établi lors de deux épidémies particulièrement importantes; celle de l'île de Yap, où 5000 cas d'infection ont été recensés sur une population de 7000 habitants, ainsi qu'en Amérique latine, où environ 3 à 4 millions de cas ont été observés. D'ailleurs, d'après Dr Kobinger, le système de surveillance brésilien a permis de faire l'association entre le virus Zika et les cas de microcéphalie chez les nouveau-nés. Ainsi, une augmentation dix fois plus élevée de microcéphalie a été observée.



© Getty Images

Toutefois, une question reste en suspens : pourquoi y a-t-il un silence médiatique? Pourtant, Zika n'a pas arrêté de se propager parce que les Jeux olympiques se sont terminés. Un des éléments de réponse serait que le Zika ne présente pas un risque majeur au Québec et au Canada. Comme le signal Anne-Marie Lowe, les moustiques porteurs du virus ne peuvent s'établir au Québec ainsi qu'au Canada en raison des conditions climatiques non favorables à leur développement et celui de leurs larves. L'espèce *Aedes aegypti* se retrouve principalement dans les régions tropicales, subtropicales et tempérées. Ainsi, les conditions hivernales ne permettent pas sa survie. De plus, Gary Kobinger mentionne que nous ne nous préoccupons pas du Zika puisque cela ne nous touche pas. Pourtant, le virus poursuit ses ravages autour du globe. « Dans la réalité, les maladies infectieuses se promènent. Un problème en Afrique, en Asie, en Russie ou en Amérique du Sud représente un problème pour nous aussi », poursuit M. Kobinger.

PRÉVENIR PLUTÔT QUE GUÉRIR

Les gouvernements des pays où le virus du Zika a émergé ont souhaité éliminer le plus possible de moustiques par l'épandage d'insecticides. Par exemple, un pesticide organophosphaté, le Naled, a été pulvérisé de façon aérienne en Caroline du Sud, où des cas de Zika avaient été recensés. Ce pesticide a pour but de s'attaquer au système nerveux de l'insecte en interrompant la transmission de l'influx nerveux. Toutefois, cet épandage a tué beaucoup plus que des moustiques, notamment 2,5 millions

d'abeilles. Il s'est avéré que cet insecticide possédait un large spectre, c'est-à-dire qu'il ne touchait pas uniquement les moustiques, mais aussi d'autres espèces non ciblées comme les abeilles, les poissons et les oiseaux. Un autre insecticide, le pyriproxifène, a été utilisé au Brésil pour détruire les larves de moustique. Cet insecticide a été administré dans l'eau potable de la ville. Le pyriproxifène a comme action d'imiter l'hormone juvénile des larves, les empêchant alors de devenir adultes. Cet insecticide a été pointé du doigt en février 2016 puisqu'il serait à l'origine des cas de microcéphalies et de troubles neurologiques observés chez les nouveau-nés au Brésil. Ainsi, la pulvérisation d'insecticides n'est pas une solution à long terme. En effet, cette méthode ne permet pas l'éradication de tous les moustiques pouvant

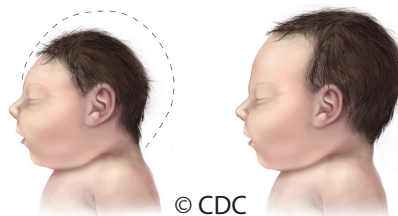
transmettre le virus Zika. De plus, il a été observé que la plupart des insecticides affectent négativement d'autres espèces et ne sont pas sans impact sur l'environnement. Enfin, à long terme les moustiques *Aedes* acquièrent une résistance aux insecticides.

LE COCKTAIL MIRACULEUX

À ce jour, il n'existe aucun traitement ni vaccin pouvant atténuer et inhiber l'infection à virus Zika. Cependant, l'association entre le virus Zika et les microcéphalies a amorcé une course à la découverte d'un traitement ou d'un vaccin. Au CRI à Québec, Dr Gary Kobinger et son équipe de recherche se sont lancés dans ce projet en partenariat avec Inovio Pharmaceuticals, chef d'orchestre de la conception du vaccin ZIKV-prME. Pour Dr Kobinger, l'élaboration d'un vaccin contre cet arbovirus est une question de priorité : « L'élaboration d'un vaccin se penche plutôt chez des virus qui ont des répercussions importantes et qui causent des problèmes éminents, tels que le VIH ». Depuis son association à des malformations congénitales chez les fœtus, le virus Zika est inscrit sur la liste prioritaire des pathogènes. Cette liste comprend une douzaine de virus pathogènes mortels ou sévères, dont aucun traitement n'est connu à ce jour. Elle permet de prioriser l'accélération

MICROCÉPHALIE ET SYNDROME GUILLAIN-BARRÉ

L'Organisation Mondiale de la Santé affirme que le virus Zika est à l'origine de cas de microcéphalie et du syndrome de Guillain-Barré, à ce jour. La microcéphalie s'observe chez les nouveau-nés par un périmètre crânien inférieur à la norme, menant à des anomalies cérébrales. Cette manifestation clinique occasionne chez les nouveau-nés un risque de retard du développement et de déficience intellectuelle. Le syndrome de Guillain-Barré atteint les nerfs périphériques et entraîne une paralysie progressive, débutant le plus souvent au niveau des jambes et remontant parfois jusqu'aux muscles des voies respiratoires ainsi qu'aux nerfs de la tête et du cou. La paralysie est due à une altération, voire une destruction de la myéline. La destruction de cet isolant nerveux provoque un ralentissement ou même l'arrêt de la transmission de l'influx nerveux dans certains membres.



«Le vaccin est sécuritaire et provoque une réponse immunitaire, ce qui est très prometteur pour la suite du vaccin»

Dr Gary Kobinger, Directeur du CRI

de la mise en place de traitements ou de vaccins contre ces agents virulents.

Il existe plusieurs types de vaccins. La stratégie de vaccination conçue par Inovio Pharmaceuticals consiste en un vaccin à ADN. Ce type de vaccination utilise une structure unique aux bactéries, le plasmide. Cette petite molécule d'ADN double brin circulaire se réplique de manière autonome, et est indépendante de l'ADN chromosomique de la bactérie. Cette molécule contient plusieurs gènes essentiels à la survie de la bactérie tels que des gènes pour la synthèse des protéines, pour la résistance contre des antibiotiques et d'autres. En biotechnologie, les plasmides sont devenus un outil bien utile pour le clonage et le transfert de gènes. En effet, il est possible d'y insérer une séquence d'ADN codant une protéine d'intérêt, par exemple un immunogène viral tel que la membrane externe du virus. Ainsi, à la suite de l'administration du plasmide par voie intramusculaire, une réponse immunitaire est enclenchée et des anticorps sont produits contre la protéine virale issue du plasmide. Lorsque l'individu immunisé rencontrera le virus, son système immunitaire sera prêt à l'attaque. Les anticorps produits par le vaccin reconnaîtront les antigènes du virus, et l'intrus sera neutralisé.

Dans le cas du virus Zika, le vaccin ZIKV-prME comprend une séquence consensus du virus. « Toutes les séquences de Zika connues ont été mises sur un ordinateur et nous les avons alignées. Puis, nous avons dérivé une séquence qu'on appelle consensus, c'est à dire consensus pour générer la plus forte réponse immunitaire possible qui présente la meilleure réponse et la plus globale, qui couvre toutes les souches qui circulent », explique Dr Kobinger. Cette séquence virtuelle, qui dérive d'une polyprotéine de la membrane externe du virus (prME), est ensuite clonée dans l'ADN

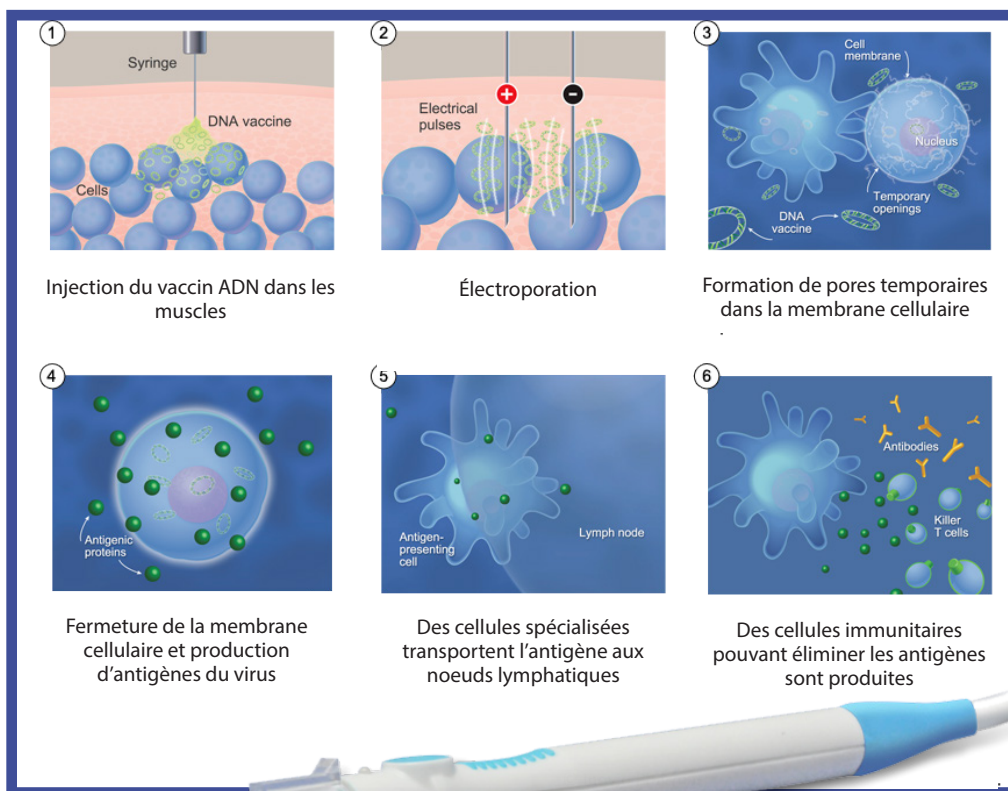
plasmidique, formant ainsi un vaccin « couvre-tout ».





UNE VACCINATION ÉLECTRISANTE

Le mode d'administration du vaccin est peu commun. Lorsque l'on parle de vaccination, la majorité des gens s'imagine une fiole, une seringue, une aiguille, une légère odeur d'alcool à friction suivie d'une douleur aiguë sur le bras. Cependant, le vaccin ZIKV-prME est administré d'une tout autre manière, une manière révolutionnaire : l'électroporation. Dans cette technique, la seringue est plutôt remplacée par un appareil mis au point par l'équipe d'Inovio Pharmaceuticals et qui a l'apparence d'un crayon. Cet appareil, muni de plusieurs petites aiguilles à son extrémité, est relié à une borne de courant, ou bien est alimenté par une batterie. Ce type d'administration permet d'injecter le vaccin à ADN, soit par voie intradermique ou intramusculaire, ciblant

ainsi différents tissus. C'est à la suite de l'injection que l'électroporation entre en jeu. Des pulsions électriques d'une fraction de seconde perturbent la membrane des cellules et créent des micropores. Ces micropores temporaires favorisent ainsi l'entrée du vaccin dans les cellules, dont les cellules présentatrices d'antigène (APC) qui sont impliquées dans la réponse immunitaire. Selon Dr Gary Kobinger, cette méthode unique augmente de dix fois l'efficacité du vaccin contrairement aux méthodes actuelles.

Il faudra toutefois attendre une dizaine d'années, ou même plus, avant la mise en place du vaccin ZIKV-prME. En effet, l'élaboration d'un vaccin demeure un projet laborieux et très dispendieux. Actuellement, le vaccin a déjà franchi la phase préclinique, qui consiste à administrer le vaccin chez des animaux, tels que la souris et le macaque rhésus. Ces derniers n'ont développé



VACCIN VIVANT ATTÉNUÉ	VACCIN INACTIVÉ	VACCIN DE SOUS-UNITÉ	VACCIN ADN
			
Contient une sélection de virus les moins virulents Induit une maladie faible ou inapparente Exemple: Influenza	Virus inactivé par procédé chimique ou physique qui rend le virus non infectieux Immunisation de courte durée (plusieurs rappels) Exemple: Hépatite A	Formulé avec des composants purifiés du virus Réponse immunitaire faible Exemple: Hépatite B	Plasmide ADN codant pour une protéine virale immunogénique Aucun risque d'infection Exemple: Zika

© Marlène Labrecque

aucune infection et présentaient une réponse immunitaire efficace. Un groupe de 40 personnes volontaires, soit à Québec, à Philadelphie et en Floride a reçu trois doses du cocktail. Des prises de sang ont ensuite été effectuées pour analyser la réponse immunitaire. Résultats : aucun effet secondaire majeur, excepté la douleur ressentie à la suite de l'injection. À ce jour, le vaccin est sécuritaire et provoque une réponse immunitaire, ce qui est très prometteur pour la suite. « On a vraiment été chanceux, car cela a pris seulement 8 mois, de l'élaboration du vaccin à l'ordinateur jusqu'à aujourd'hui, ce qui est du jamais vu », s'enthousiasme Dr Gary Kobinger. Le vaccin sera maintenant testé à Puerto Rico, région où le virus Zika est endémique.

UN VACCIN, MAIS À QUI?

Selon Dr Gary Kobinger, le futur vaccin ZIKV-prME serait administré en fonction de la réalité des populations cibles. Pour l'Amérique latine, l'administration serait effectuée sur les femmes souhaitant procréer, puisque le Brésil est, à ce jour, une zone à risque. L'injection serait toutefois administrée avant la procréation. Pour le Canada, il serait prescrit aux voyageurs visitant des régions où le virus est endémique. Il pourra donc être disponible dans les cliniques de voyage. D'après Dr Kobinger, il n'est pas utile d'administrer le vaccin à l'ensemble de la population sachant que

le moustique *Aedes* ne peut se répliquer dans les températures estivales du Canada.

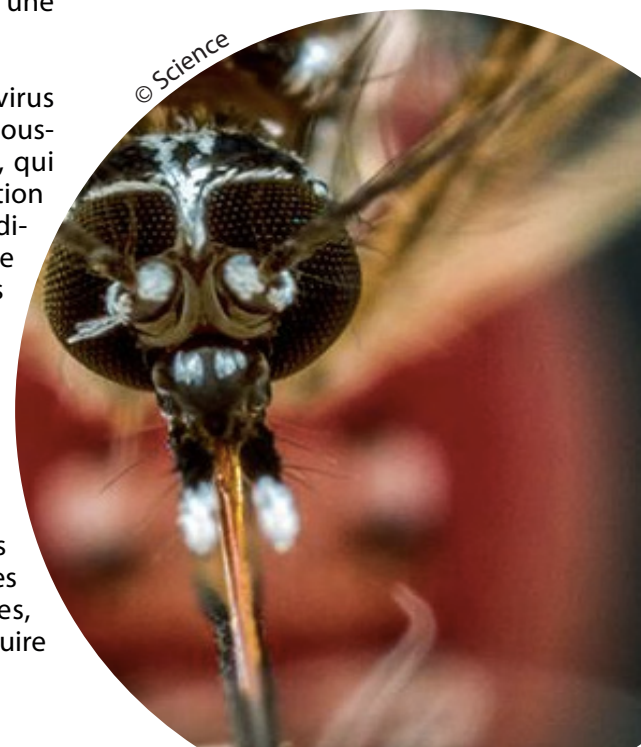
DES MOUSTIQUES TRANS

Le virus Zika a malgré tout réussi à envahir le monde en tirant profit de la mondialisation, des échanges commerciaux et de l'intensification des voyages. Le nombre de Québécois voyageant dans les pays à risques est non négligeable. De plus, bien que des préventions, comme le port de vêtements couvrant le plus de parties du corps ou l'usage de répulsif antimoustiques soit mises en place, un grand nombre de vacanciers ne respectent pas toujours ces conditions. Ainsi, la mise en place d'un vaccin serait une alternative à privilégier.

Une autre alternative contre le virus Zika serait la mise en place de moustiques génétiquement modifiés, qui consisterait à limiter la propagation des moustiques infectés. La modification génétique de l'ADN de ces insectes les rend infertiles ou empêche leur infection par un agent pathogène. En 2007, Luke Alphey de l'Université d'Oxford en Angleterre a conçu des moustiques mâles transgéniques en modifiant une souche d'*Aedes* baptisée OX5113A. En relâchant ces moustiques mâles génétiquement modifiés, dans des endroits infestés de moustiques, ces derniers pouvaient se reproduire

et transmettre cette mutation à leurs descendants, les rendant ainsi infertiles. Les résultats de ce chercheur se sont avérés très concluants.

Il faudra probablement attendre encore quelques années avant de voir apparaître sur le marché un vaccin contre le virus Zika ou même des moustiques transgéniques dans nos jardins. Cependant, comme le rappelle Dr Gary Kobinger, ce n'est pas parce que le virus Zika fait rage loin de nous qu'il ne faut pas s'en préoccuper. Qui sait si dans cinq, dix ou quinze ans *Aedes aegypti* sera en mesure de survivre au Québec ou ailleurs au Canada? À ce moment-là, vaudra mieux être préparé!



© Science



Ne réveillez pas la **CHAUVE-SOURIS** qui dort !

**Catherine Corbeil, Charbel Hanna,
Geneviève Proulx et Claudine Tessier**

Les chauves-souris sont des créatures millénaires. En réalité, il s'agit d'un euphémisme considérant qu'elles sont apparues il y a 52 millions d'années! Elles se sont établies partout de par le monde, enfin...à l'exception de l'Antarctique. Leur conquête des airs, exploit qu'aucun autre mammifère n'a réussi, du moins par ses propres moyens anatomophysiologiques, a contribué à la vaste distribution de l'ordre Chiroptera (du grec, *cheir* pour main et *pteron* pour aile). Ces créatures n'ont pas manqué d'inspirer nombre de mythes et légendes, à commencer par le célèbre Comte Dracula, Lestat et autres vampires. Êtres nocturnes, angoissants et terrifiants, les chauves-souris sont associées dans la plupart des cultures, particulièrement en Occident, à l'occultisme, à la maladie et au monde des morts. Victimes de leur mode de vie et de leur physique disgracieux, leurs ailes glabres et leur tête de gargouille, elles suscitent peu de sympathie. Et si elles étaient menacées?

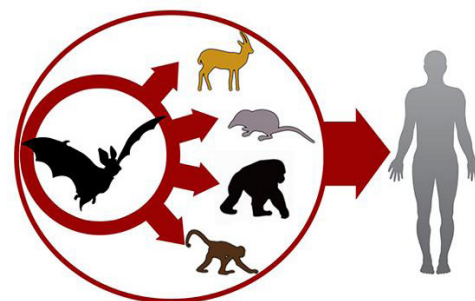
Dans l'est de l'Amérique du Nord, les chauves-souris, toutes espèces confondues, font actuellement face à une menace sans précédent. Depuis une décennie, un champignon pathogène microscopique, *Geomyces destructans*, décime les populations de façon fulgurante en provoquant chez elles une maladie appelée syndrome du museau blanc. La maladie est caractérisée par l'apparition d'une formation blanche duveteuse autour du museau, qui sont les spores du champignon. L'ampleur et la rapide évolution de la pathologie a laissé les scientifiques pantois quant à la cause et aux mécanismes menant à la mort. Aujourd'hui encore, plusieurs aspects demeurent sans réponses définitives. Toutefois, il semble que des réveils plus fréquents aux cours de l'hibernation causés par des dérèglements physiologiques majeurs soient à l'origine de cette mortalité de masse. L'impact d'un tel déclin occasionne également son lot d'inquiétudes et d'incertitudes,

d'abord pour la santé et la viabilité des espèces, mais également pour l'intégrité des écosystèmes. C'est que, bien qu'elles ne soient peut-être pas des reines de beauté, les chauves-souris sont de petites bestioles bien utiles. En les connaissant mieux, vous saurez vous aussi, comme le célèbre Bruce Wayne, conquérir vos peurs et vos appréhensions.

CHAUVE-SOURIS : SYMPA OU PARIA ?

Les chauves-souris sont des bêtes mal-aimées, victimes bien malgré elles des croyances populaires et de leur apparence horripilante. En vous y attardant de plus près, vous seriez pourtant bien étonnés par les caractéristiques fascinantes qu'elles possèdent. On dénombre plus de 1 240 espèces de chauves-souris à travers le monde, ce qui représente près de 25 % de toutes les espèces de mammifères confondus.

En Amérique du Nord, les chauves-souris sont craintes, car elles sont associées à la rage. Saviez-vous cependant que vous avez plus de risque de vous faire attaquer par un requin que d'être mordu par une chauve-souris ayant la rage? Néanmoins, il n'y a pas que la rage dont les chauves-souris peuvent être porteuses; la rougeole, les oreillons et l'hépatite C sont tous des virus que ces bêtes sont passibles de transmettre. De plus, récemment, les chauves-souris ont été considérées comme un réservoir naturel de



© KSN production

l'Hénipavirus, du SRAS, du MERS-cov et de l'Ebola. Ces virus prolifèrent de manière prépondérante chez l'espèce réservoir lorsqu'elle est infectée.

Fort heureusement pour nous, habitants de l'Amérique du Nord, la majorité des virus cités plus haut tendent à être restreints aux chauves-souris de certaines régions comme l'Australie, l'Asie du Sud (Hénipavirus) et l'Égypte (Ebola). La plupart de ces populations résident dans les forêts tropicales ou les grottes et entrent peu en contact avec les humains. Comment ces virus sont-ils donc transmis de la chauve-souris à l'humain? Il existe différentes hypothèses. Bien que des humains sont parfois mordus accidentellement, la théorie populaire veut que l'infection se fasse par un hôte intermédiaire (porcs, chevaux, primates, etc.) qui est en contact fréquent avec l'humain.

Il est aussi possible d'être infecté en consommant de la viande de chauve-souris comme c'est le cas dans certaines régions d'Asie, où les chauves-souris sont considérées comme un met fin! Finalement, l'air contaminé des grottes, où vivent les chauves-souris, peut infecter des visiteurs qui inhaleraient le virus contenu dans l'air ambiant.

S'il est vrai, bien malgré elle, que les chauves-souris peuvent être le réservoir de nombreux virus, elles sont essentielles au fonctionnement des écosystèmes. Comme l'explique Audrey Lauzon, étudiante à la maîtrise en écologie à l'Université de Saskatchewan, le principal rôle écologique des chauves-souris au Canada et aux États-Unis est le contrôle des insectes en milieu



« Saviez-vous qu'environ 450 produits utilisés par l'humain dépendent de façon directe ou indirecte des chauves-souris et que 110 d'entre eux sont des aliments et des boissons ? »

forestier. Une chauve-souris peut consommer jusqu'à 70 % de sa masse corporelle en une nuit. Cela représente environ 600 insectes par heure! Pendant les périodes de maternité, durant lesquelles la femelle mange pour deux, celle-ci peut consommer jusqu'à 100 % de son poids, voire même plus, notamment dans le cas de la petite chauve-souris brune.

À travers le monde, les chauves-souris remplissent aussi bien d'autres rôles. Saviez-vous qu'environ 450 produits utilisés par l'humain dépendent de façon directe ou indirecte des chauves-souris et que 110 d'entre eux sont des aliments et des boissons? Nous leur devons un très grand merci, car sans leur rôle de pollinisation et de dispersion des graines, nous n'aurions pas certaines noix comme les amandes et les pistaches, ni de bananes ou de figes. Pour les amateurs d'alcool, la tequila est produite à partir de l'agave, une plante qui compte sur ces petits mammifères volants comme

principaux pollinisateurs. De plus, leur guano (excréments) peut être utilisé comme engrais. Dans les pays en voie de développement, il est un avantage économique, car l'importation d'engrais phosphatée est dispendieuse et nocive pour l'environnement.

Autre fait étonnant, les chauves-souris contribuent à certaines avancées dans le domaine médical. Un composé anti-coagulant présent dans la salive des chauves-souris vampires est actuellement testé pour le traitement des problèmes cardiaques. Contrairement aux autres médicaments, ce composé pourrait être administré après une crise cardiaque et être tout de même être efficace.

Finalement, les chauves-souris représentent un attrait touristique majeur pour certaines régions du monde où les touristes affluent pour assister à l'envol d'une nuée de chauves-souris sortant de leur grotte à la brunante.

SAVIEZ-VOUS qu'il existe réellement des chauves-souris vampires ? Ces chauves-souris, dotées de canines acérées, se nourrissent exclusivement de sang. Rassurez-vous, on n'en retrouve que trois espèces à travers le monde et elles sont bien loin de notre belle province.



© Pascual Soriano Nature Magazine

LES CHAUVES-SOURIS DU QUÉBEC

Comme vous pouvez le constater, les chauves-souris participent grandement au maintien des écosystèmes et ont un impact économique important. Bien qu'elles soient mal-aimées, pour certaines raisons plus justes que d'autres, leur déclin ou leur disparition pourrait entraîner des conséquences importantes. Par conséquent, l'apparition du syndrome du museau blanc en Amérique du Nord, qui fait planer une menace depuis quelques années déjà sur les populations de chauves-souris, pourrait avoir des répercussions irréversibles.

SYNDROME DU MUSEAU BLANC L'ÉPOPÉE D'UN DRAME

Le 16 février 2006, une photographie amateur, capturée à Howes Cave, 52 km à l'Ouest d'Albany, NY, allait ouvrir le bal à une série effrénée de recherches scientifiques en dévoilant à l'Amérique toute entière un problème nouveau, mais ô combien faramineux. Vous l'avez deviné, cette photographie nous montrait, pour la première fois, une chauve-souris portant une étrange formation blanchâtre au niveau du museau et atteinte d'un nouveau mal: le syndrome du museau blanc.

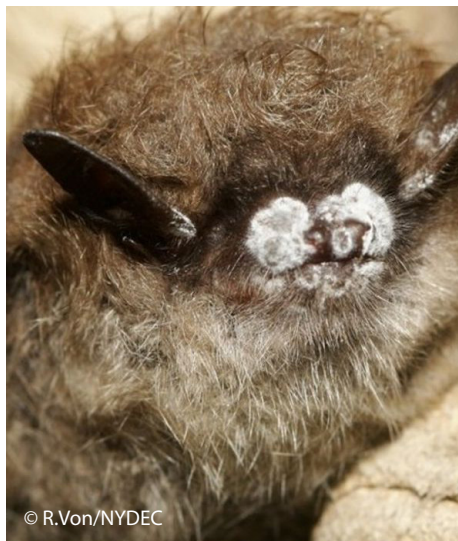
Le coup d'alarme ne tarda pas à retentir. En 2010, l'infection s'était étendue à 115 hibernacles à travers l'est du Canada et de l'Amérique du Nord, dans un rayon allant jusqu'à 1 200 km de Howes Cave. Dans les hibernacles infectés, 30 à 99 % des chauves-souris ne parviennent pas au bout de l'hiver. En 2012, la maladie gagnait encore du terrain : elle s'était

Il existe huit espèces de chauves-souris recensées au Québec qui sont toutes insectivores et vivent en moyenne 20 ans: la chauve-souris rousse, la chauve-souris cendrée, la chauve-souris argentée, la petite chauve-souris brune, la chauve-souris nordique, la chauve-souris pygmée de l'Est, la pipistrelle de l'Est et la grande chauve-souris brune. Les chauves-souris rousses, cendrées et argentées sont des espèces migratrices qui arrivent tard au printemps et partent tôt à l'automne vers le sud. Les cinq autres espèces demeurent au Québec et hibernent dans des grottes naturelles ou des mines désaffectées.

En été, seulement la grande et la petite chauve-souris brune, la chauve-souris nordique et la pipistrelle de l'Est sont susceptibles de se retrouver dans votre grenier. Les autres espèces trouveront plutôt refuge dans les fissures rocheuses et dans les cavités d'arbres.

étendue à 200 hibernacles répartis dans 19 États américains et quatre provinces canadiennes.

En résumé, l'heure est grave. La situation alarmante des chauves-souris nord-américaines a rapidement encouragé la mise en place de recherches scientifiques visant à



© R.Von/NYDEC

mieux comprendre la maladie, afin de pouvoir lutter efficacement pour la sauvegarde de nos bienveillantes chauves-souris. Tout d'abord, il fallait identifier l'agent pathogène. En 2009, un champignon psychrophile, baptisé *Geomyces destructans*, était découvert sur le museau des chauves-souris infectées. Ce champignon a donc été associé au syndrome du museau blanc. Néanmoins, il n'était pas encore possible de savoir si le champignon était la cause de la mortalité sévère observée chez les chauves-souris infectées, ou s'il n'était qu'un agent pathogène opportuniste, profitant de l'affaiblissement des défenses immunitaires de l'animal infecté par un autre pathogène plus dangereux. L'énigme fut résolue deux ans plus tard, lorsqu'un article publié dans le journal *Nature* dévoila les expériences déterminantes menées par une équipe de chercheurs américains.

GEOMYCES DESTRUCTANS, LE PSYCHROPHILE

Suite à l'apparition du syndrome du museau blanc chez la chauve-souris, plusieurs scientifiques ont tenté d'isoler et d'identifier le pathogène responsable.

Un champignon microscopique, nommé *Geomyces destructans*, fut identifié grâce à certaines caractéristiques morphologiques, notamment la forme de ses spores et de ses hyphes. Sa séquence génétique, ainsi que ses conditions de croissance ont également confirmé qu'il s'agissait bel et bien d'une nouvelle espèce.

G. destructans est donc un ascomycète psychrophile (« qui aime le froid ») dont la croissance est optimale entre 5 °C et 15 °C, mais est complètement inhibée au-dessus de 25 °C. Ces températures coïncident plutôt bien avec les conditions rencontrées dans les hibernacles de chauves-souris, où les températures varient entre 2 °C et 10 °C, faisant de ces endroits des réservoirs potentiels pour le pathogène.

Il s'agit de la seconde espèce du genre *Geomyces*, après *Geomyces pannorum* qui affecte l'humain et les chiens, à provoquer une mycose chez les animaux.

Les chercheurs ont d'abord prélevé le champignon de la peau de chauves-souris infectées, pour ensuite infecter des chauves-souris en parfaite santé. Après 102 jours, tous les individus ainsi traités ont développé le syndrome du museau blanc. Ensuite, des chauves-souris infectées ont été placées dans une cage avec des chauves-souris en santé. Toujours après 102 jours de cohabitation, 89% des chauves-souris saines ont alors développé le syndrome du museau blanc. Finalement, des chauves-souris saines et infectées ont été placées dans des cages séparées et placées à 1,3 cm l'une de l'autre, encore pendant 102 jours après lesquels aucune des chauves-souris saines n'a contracté la maladie. Tous ces résultats combinés ont démontré, d'une part, que le champignon *G. destructans* était bel et bien l'agent pathogène causant le syndrome du museau blanc et que, d'autre part, la maladie ne se transmettait que par contact direct. L'ennemi, et ses stratégies offensives, étaient donc identifiés. Par contre, une question primordiale demeurait toujours en suspens: d'où pouvait bien provenir la maladie?

Le champignon existait-il déjà en Amérique ou avait-il été importé d'ailleurs ? S'il existait déjà en Amérique, pourquoi serait-il devenu soudainement si agressif ? S'il avait été importé d'ailleurs, les chauves-souris habitant dans le lieu d'origine du champignon souffrent-elles, à notre insu, des mêmes maux que les chauves-souris d'Amérique? Au moment où la recherche décrite plus haut était publiée, la question avait déjà été partiellement abordée par une équipe de chercheurs européens. En effet, un an plus tôt, donc en 2010,



© John C. Abbott

SAVIEZ-VOUS QUE la plus grosse colonie de chauves-souris au monde est estimée à 20 millions d'individus ? Elle habite la Braken Cave, une grotte située au Texas. En comparaison, les colonies québécoises dépassent rarement les quelques milliers d'individus.

des recherches menées en Europe nous apprenait que le syndrome du museau blanc y est également présent, et que les chauves-souris atteintes étaient elles aussi infectées par *G. destructans*. Ayant cela en tête, il était tentant de conclure à une introduction du champignon en Amérique. Néanmoins, une nouvelle étude, publiée en 2011, nous annonçait avec grande joie que les colonies de chauves-souris européennes ne souffraient pas des taux de mortalité drastiques observés en Amérique. Au contraire, les chauves-souris européennes semblent bien s'accommoder de la présence de ce champignon, contrairement à celles du Nouveau Monde. La communauté scientifique s'est donc retrouvée devant deux possibilités. Soit le champignon avait toujours existé en Amérique et en Europe, mais les souches américaines auraient subi une mutation génétique importante lui conférant une agressivité hors norme, soit il avait toujours existé en Europe, mais aurait été introduit en Amérique. Cette deuxième hypothèse impliquerait que les chauves-souris

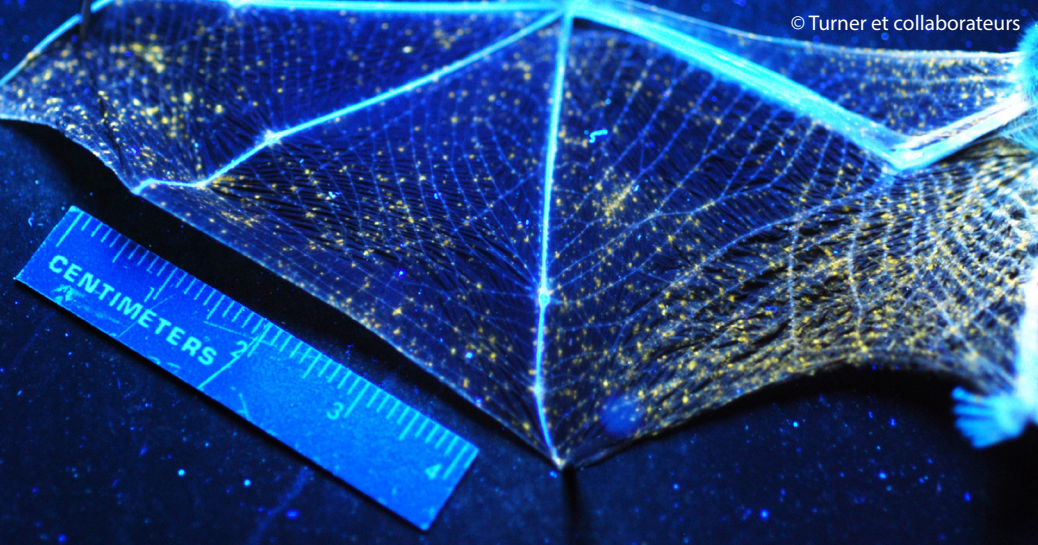
européennes auraient coévolué avec le champignon pour s'adapter à sa présence, mais que cette coévolution n'aurait pas été possible pour les chauves-souris américaines, récemment exposées au champignon.

Cette hypothèse a été renforcée en 2012. Une équipe de chercheurs a prélevé le champignon sur la peau de chauves-souris européennes infectées et a ensuite inoculé des chauves-souris américaines en parfaite santé. Les chauves-souris américaines ont développé le syndrome du museau blanc. Autrement dit, les chauves-souris américaines se défendent beaucoup moins efficacement que leurs camarades européennes lorsqu'elles sont infectées par une souche fongique en provenance d'Europe. Cette découverte montre que l'agressivité du champignon en sol américain n'est probablement pas due à une mutation chez le champignon américain qui aurait rendu celui-ci plus virulent, mais bien à l'incapacité des chauves-souris américaines à se défendre contre lui.



© Tim Laman

SAVIEZ-VOUS QUE la plus grosse chauve-souris au monde mesure 1,5 m d'envergure ? On l'appelle le renard volant des Philippines. Rassurez-vous : elle ne mange pas les humains, mais préfère les fruits.



Aujourd'hui, il est donc presque certain que *G. destructans*, l'agent fongique qui cause le syndrome du museau blanc, a été introduit d'Europe. Maintenant que nous avons identifié l'agent pathogène, son mode de transmission et son origine, il nous reste à comprendre pourquoi cet agent cause la mort de tant de chauves-souris. En effet, comment expliquer qu'une infection cutanée qui, à première vue, peut sembler bien banale – un Pied d'athlète est fort incommodant, mais il est loin d'être mortel! – puisse être à ce point dévastatrice?

AVOIR DU PLOMB, OU PLUTÔT, DES HYPHES DANS L'AILE !

L'aile de la chauve-souris est un organe très complexe qui possède deux membranes séparées par une fine couche de vaisseaux sanguins et lymphatiques surmontés de muscles. Elle correspond à 75 % de sa masse totale et lui permet d'attraper des insectes en tout genre.

En fait, l'aile est à la chauve-souris ce que le gant de baseball est au joueur de ce sport. Tel un des meilleurs joueurs des Yankees, la chauve-souris se sert de son aile agile afin d'attraper les papillons de nuit et les moustiques en plein vol! Aussi, les ailes sont le siège de la régulation homéostatique de l'animal. Une aile membraneuse et en santé contrôle la perte d'eau, spécialement lors de l'hibernation. En effet, une chauve-souris en parfaite santé peut perdre jusqu'à 99 % de son eau par ses ailes et ses poumons.

Certaines espèces compensent cette perte d'eau en hibernant dans des endroits très humides et en groupes

denses. De plus, les chauves-souris diminuent au maximum leurs fonctions métaboliques, comme leur réponse immunitaire, lors de cette période. Finalement, leur température corporelle pendant l'hibernation se situe entre 1 °C et 15 °C, ce qui est idéal pour la croissance de *G. destructans*. Tous ces phénomènes font en sorte que ces petites bêtes sont les plus susceptibles d'être colonisées par le champignon .

Les vaisseaux sanguins des ailes étant très près de la surface, ces dernières participent aux échanges gazeux d'oxygène et de gaz carbonique. Les cellules des ailes sont donc oxygénées de cette manière, indépendamment des échanges gazeux dans les poumons. Cette tactique d'oxygénation est favorisée durant l'hibernation afin de réduire l'évaporation de l'eau, qui est un phénomène plus important dans les poumons que dans les ailes. Or, une fois dans les ailes, *G. destructans* digère les vaisseaux sanguins et lymphatiques, les structures glandulaires, l'élastine et les fibres musculaires de l'aile. Tout ce beau repas pour le champignon cause un manque d'oxygène dans les ailes et provoque la mort des cellules. Cette nécrose de l'aile est observable sans microscope, puisque l'aile infectée ressemble à un papier mouchoir troué et non à une belle membrane élastique, souple et étirée. Il est important d'ajouter que les hyphes du champignon entrent par les glandes apocrines, les follicules pileux et les glandes sébacées, ce qui fait en sorte que *G. destructans* peut coloniser non seulement les ailes, mais aussi toutes autres parties sans poils comme le nez et les oreilles.

L'hibernation, voyage au bout de l'hiver

Contrairement à la croyance populaire, les mammifères en hibernation ne dorment pas de façon ininterrompue pendant tout l'hiver! En fait, durant l'hibernation, l'animal entre en état de torpeur durant lequel son métabolisme et sa température corporelle chutent, ce qui diminue grandement sa consommation d'énergie. Néanmoins, les phases de torpeur sont interrompues par des réveils de courte durée durant lesquels la consommation d'énergie revient à la normale. On ignore encore le rôle exact de ces réveils, mais on pense qu'ils permettent à l'animal d'évacuer ses déchets corporels et de boire. Une chose est certaine : s'ils sont omniprésents chez les mammifères hibernant, ils doivent bien apporter quelques avantages ! Autre fait souvent méconnu : l'hibernation est différente de l'hivernation. En effet, cette dernière est une somnolence hivernale prolongée durant laquelle les fonctions métaboliques ne sont pas arrêtées et la température corporelle demeure relativement normale. Ainsi, l'ours hiverne et la chauve-souris hiberne.

Prenons comme exemple la petite chauve-souris brune. Ses périodes de torpeur durent 12 à 20 jours et sont séparées par des périodes d'éveil qui durent une à deux heures. Les périodes d'éveil constituent 1 % du temps d'hibernation, mais sont responsables de 80 à 90 % de la consommation d'énergie durant cette période. Les réveils coûtent donc cher à la chauve-souris, qui doit bien prévoir ses réserves d'énergie avant d'entrer dans ce long sommeil hivernal. Car, une fois l'hiver entamé, tout espoir de trouver de la nourriture pour refaire ses réserves d'énergie disparaît.

RHODOCOCUS RHODOCHROUS

Rhodococcus rhodochrous est une bactérie possédant une grande polyvalence métabolique exploitée dans différents domaines, dont notamment la conservation des aliments. Elle est utilisée afin de retarder l'apparition de moisissures sur les fruits et les légumes grâce à son activité antifongique.

Dans la lutte contre le syndrome du museau blanc, une équipe de chercheurs de la Georgia State University a tenté de mettre à profit une souche de *R. rhodochrous* qui s'est avérée efficace pour ralentir, voire inhiber, le développement de *G. destructans* en culture et sur des tissus vivants d'ailes de chauves-souris. L'avantage que présente cette bactérie en tant qu'éventuel agent de contrôle du pathogène est qu'elle agit sans nécessité de contact direct grâce à l'émission de composés volatils. Toutefois, plusieurs problématiques techniques, comme la production et l'application d'un traitement à grande échelle, sont encore à surmonter.

Pour compenser le manque d'oxygène causé par la nécrose des ailes, la chauve-souris favoriserait la respiration pulmonaire normale, avec pour conséquence une plus grande évaporation d'eau. La chauve-souris

CHYTRIDIOMYCOSE CHEZ LES AMPHIBIENS

Une autre infection fongique généraliste, causée par *Batrachochytrium dendrobatidis* s'attaquant aux amphibiens, est également responsable d'un déclin important des populations. Cette pandémie, appelée chytridiomycose, affecte grenouilles et crapauds (anoures), salamandres (urodèles) et gymnophiones (amphibiens vermiformes) un peu partout à travers le monde.

Plusieurs parallèles existent entre la chytridiomycose et le syndrome du museau blanc considérant que les deux pathologies ont pour origine un pathogène fongique émergent, ayant selon toute vraisemblance été nouvellement introduit, infectant la peau et causant des dérèglements physiologiques majeurs.

La peau étant un organe d'une importance vitale chez les amphibiens en raison de son rôle dans les échanges avec le milieu (respiration, excrétion, etc.), une infection par *B. dendrobatidis* empêche la régulation adéquate de l'hydratation et de l'homéostasie. Le champignon peut ultimement mener à un arrêt cardiaque.

se réveillerait alors plus souvent qu'à son habitude afin de s'abreuver. Cependant, les réveils plus nombreux que prévu consomment énormément d'énergie, puisqu'ils exigent de la chauve-souris qu'elle élève sa température corporelle à 33 °C.

Conséquemment, les réserves de graisse de l'animal seraient donc brûlées beaucoup plus rapidement.

Malheureusement, un manque de graisses correspond à un manque d'énergie et une faim insoutenable qui pousse la chauve-souris à chercher de la nourriture en plein hiver. Évidemment, notre charmante amie aura un sombre et tragique destin, puisqu'en hiver il n'y a pas d'insectes qui courent les rues comme en été. Malgré leur grande popularité parmi les chercheurs, gardons en tête que ces hypothèses demeurent, malgré tout, des hypothèses. Il n'en est pas moins que notre amie court un sérieux danger d'extinction, ici même au Québec, et a besoin de notre aide pour se tirer d'ennui.

QUEL AVENIR POUR LES CHIROPTÈRES EN AMÉRIQUE DU NORD ?

À quoi ressemblera l'avenir des chauves-souris d'Amérique du Nord ? Pour le moment, il est encore difficile de se prononcer, étant donné que l'impact de *G. destructans* n'est pas le même chez toutes les espèces. Néanmoins, il est indubitable que certaines espèces sont condamnées à l'extinction locale d'ici 2030]. La petite chauve-souris brune est l'espèce la plus affectée par le syndrome et affiche des taux de mortalité grimant

jusqu'à 99 % dans certains hibernacles. Il semble qu'en raison de sa petite taille, elle ne soit pas en mesure d'emmagasiner autant d'énergie (de graisse) pour traverser l'hiver et serait donc plus susceptible de mourir suite à des réveils plus fréquents au cours de l'hibernation.

La maladie ne se restreindra pas à l'est de l'Amérique du Nord. Des cas ont été observés dans l'État de Washington et le champignon risque de se propager vers le sud. Comme le précise Diane Mitchel, biologiste au Biodôme de Montréal, des causes anthropogéniques sont aussi en partie responsables du mauvais sort qui s'abat sur les chiroptères : perte d'habitats, déforestation et pollution lumineuse.

Dans le cadre de la lutte contre le syndrome du museau blanc, les stratégies adoptées jusqu'à maintenant – augmentation de la température dans les hibernacles, essai d'un vaccin d'anticorps dirigés contre le champignon – se sont avérées inefficaces... sauf une : *Rhodococcus rhodochrous*. Cette bactérie, qui semble ralentir, et peut-être freiner la croissance du champignon sur la peau des chauves-souris, constitue aujourd'hui notre meilleur espoir.





© Héloïse Piché-Couturier

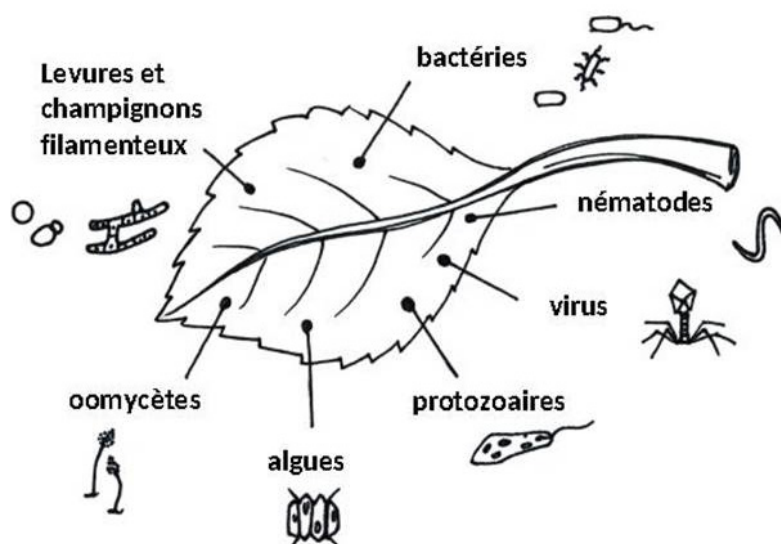
Et si l'**HABIT** faisait la plante ?

**Catherine Ayotte, Héloïse Piché-Couturier,
Oliverio Lemus-Folgar et Éliane Duchesne**

Qu'ont en commun le goût du sirop d'érable, la croissance des plantes ainsi que la complexité de la flore intestinale humaine? La réponse réside dans le microbiote végétal, un univers microscopique inouï au sein des plantes. Imaginons le monde à l'échelle d'une bactérie. Les plantes se présentent alors comme de gigantesques habitats hautement diversifiés au sein desquels il est possible d'établir demeure. Et si les micro-organismes qui vêtissent une plante y faisaient toute la différence? Les interactions entre les plantes, ces micro-organismes et le monde qui les entoure sont innombrables et fondamentales pour la survie des plantes et leur descendance. Qu'est-ce qui détermine la composition de ce manteau de micro-organismes? Comment les animaux, des chenilles aux humains, tirent profit de cet arsenal de microbes? Il est temps de ne plus juger l'arbre à son écorce et de se pencher sur son microbiote.

UN MICROBIOTE VÉGÉTAL?

Le microbiote est largement défini comme étant une communauté microbienne vivant sur ou à l'intérieur d'un organisme hôte. Une section de la recherche actuelle en sciences biologiques s'est penchée spécifiquement sur le microbiote des plantes. Ce dernier est composé majoritairement de bactéries, mais comprend toute une gamme d'autres types de micro-organismes. Il est maintenant connu que les feuilles d'une plante abritent en moyenne 10 à 100 millions de microbes par centimètre carré! On peut s'imaginer le nombre faramineux de micro-organismes hébergés par une plante quand on considère tous ceux présents sur les parties aériennes et souterraines ainsi qu'à l'intérieur des tissus. Le microbiote, végétal comme humain, est souvent bénéfique et parfois indispensable à la protection, l'alimentation et la reproduction de



© Éliane Duchesne

Micro-organismes composant le microbiote végétal

son hôte. Par exemple, le microbiote racinaire augmente l'apport en nutriments à la plante hôte de la même façon que le microbiote de l'intestin humain favorise l'absorption des sucres, des acides aminés, des lipides et des vitamines. Ainsi, telle une personne dépourvue de sa flore intestinale, cutanée ou vaginale, une plante peut difficilement survivre sans son microbiote.

À QUOI SERT LE MICROBIOTE VÉGÉTAL ?

Le microbiote est essentiel à la croissance, la défense contre les pathogènes et la reproduction des plantes.

Croissance et acquisition des nutriments

Le microbiote peut augmenter l'accès des plantes à l'azote, au phosphore, au fer et à l'eau. Ces ressources permettent aux plantes d'exercer leurs fonctions vitales, de croître et de se reproduire. Un exemple bien connu est la formation de mycorhizes par des champignons composant le microbiote racinaire. Cette association représente un échange mutuel: en contrepartie des sucres provenant de la photosynthèse végétale, les champignons augmentent l'apport en nutriments et en eau aux plantes.

L'azote est un élément présent en grande quantité sous forme gazeuse, mais peu présent dans le sol sous une forme utilisable. Plusieurs bactéries ont néanmoins la capacité de rendre l'azote gazeux disponible pour les plantes. Certains végétaux, comme les aulnes, établissent d'intimes relations mutualistes avec des bactéries fixatrices d'azote qui vivent au sein de leurs tissus. D'autres plantes bénéficient plutôt de la présence de ce type de bactéries en périphérie de leurs racines.

La situation est semblable pour le phosphore puisque dans le sol, moins de 5% de cet élément est utilisable par les plantes. Heureusement, certains

genres de bactéries et de champignons, dont *Enterobacter* et *Aspergillus*, composent parfois le microbiote racinaire et sont aptes à solubiliser le phosphore pour le rendre disponible aux plantes.



Le fer présent dans le sol est, tout comme le phosphore, très insoluble et difficile à assimiler. Ainsi, les bactéries du microbiote peuvent augmenter l'apport en fer aux plantes grâce à leurs sidérophores. Ces petites navettes voyagent dans le sol pour récupérer du fer afin de le rapporter à l'organisme qui les a émis. Les sidérophores des bactéries sont très puissants et permettent un apport accru en fer aux plantes associées. Ces bactéries protègent aussi les plantes contre d'éventuels pathogènes en appauvrissant en fer le milieu environnant.

Conséquemment, en augmentant l'accès à l'eau et aux nutriments, le microbiote peut stimuler la croissance de sa plante hôte. Cependant, ce n'est pas la seule façon dont il peut amplifier la croissance végétale. En effet, les micro-organismes peuvent interférer

avec la régulation hormonale responsable de la croissance. Par exemple, le champignon *Piriformospora indica* produit une molécule imitant les auxines des plantes, des hormones notamment responsables de la croissance des tissus. Ainsi, comme la prise d'hormones de croissance chez une athlète augmente sa masse musculaire, la présence de *P. indica* chez une plante entraîne un développement racinaire accru.

À LA RESCOURS DES ARBRES FRUITIERS

Les pomicultrices connaissent bien le **feu bactérien**. Au Québec et en Ontario, cette maladie d'origine bactérienne cause d'importants dommages et de grandes pertes économiques dans la culture de pommes et de poires. La bactérie responsable, *Erwinia amylovora*, est souvent transportée à partir d'un arbre infecté par les insectes pollinisateurs vers les fleurs d'un arbre sain. L'infection entraîne la mort des tissus infectés et peut se propager aux feuilles, aux tiges, aux fruits et même au tronc.

Une meilleure connaissance du microbiote a permis d'appliquer une solution biologique permettant d'éviter le recours aux antibiotiques qui sont fréquemment utilisées contre ce pathogène. La prolifération de *E. amylovora* et le développement du feu bactérien peuvent être empêchés par une autre bactérie, *Pantoea agglomerans*, qui produit des composés antibiotiques toxiques pour *E. amylovora*. Ainsi, la bactérie bénéfique peut être appliquée par les pomicultrices sur les fleurs avant que l'infection ne se déclare. L'avantage c'est qu'au contraire d'un antibiotique, la bactérie bénéfique se multiplie et colonise les fleurs non inoculées, leur conférant à elles aussi une protection contre le feu bactérien.



Les racines d'aulnes comportent des structures appelées nodules (structures rouges et arrondies sur la photo) qui contiennent des bactéries fixatrices d'azote du genre *Frankia*.

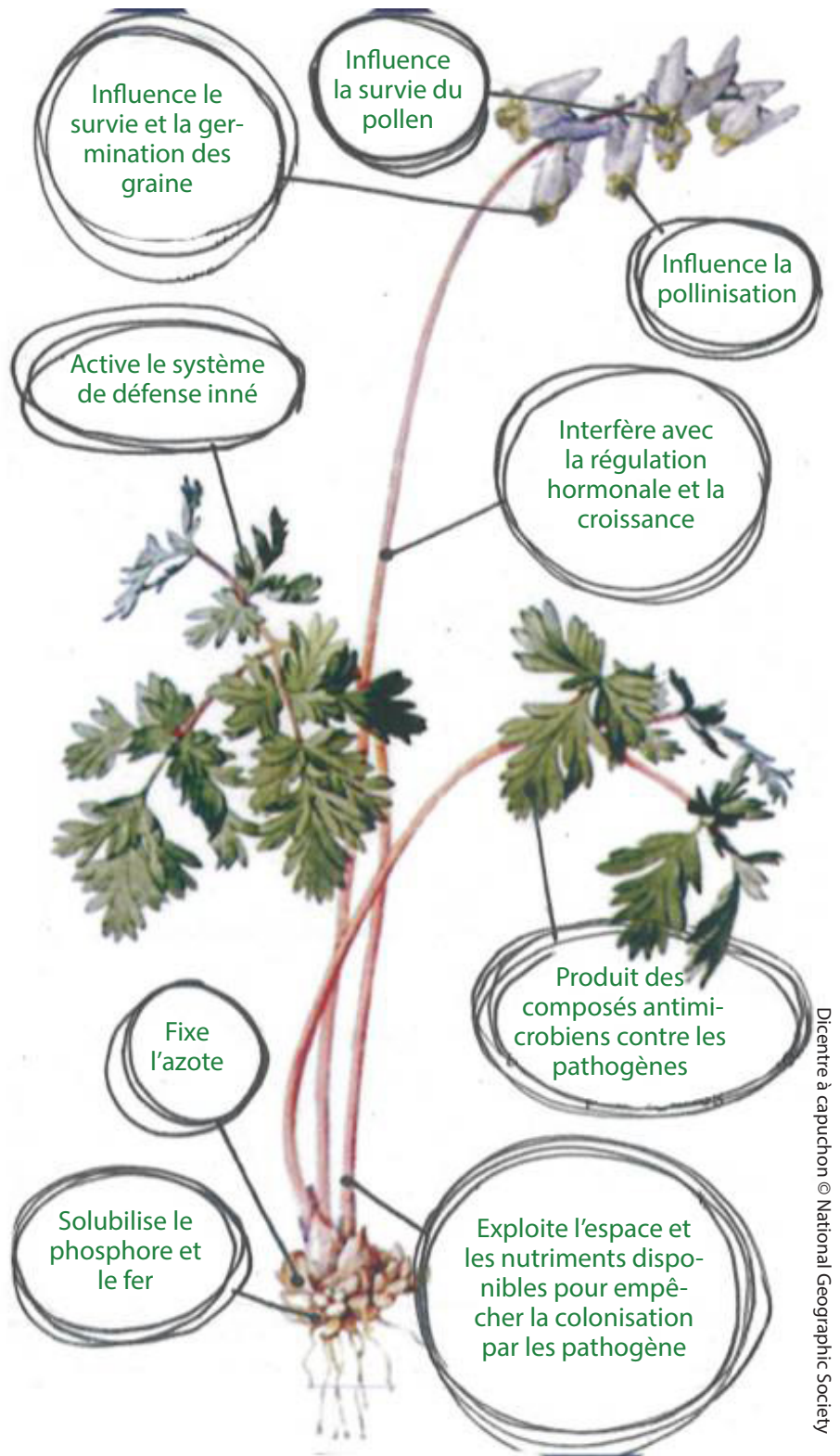
Mécanismes de défense

Au cours de sa vie, une plante fait face à une panoplie de stress biotiques et abiotiques qu'elle doit surmonter. Les micro-organismes présents à sa surface peuvent lui venir en aide en activant son système immunitaire inné. Ce dernier est efficace contre une large gamme de stress et permet à la plante de réagir plus rapidement contre les pathogènes qui attaquent n'importe lesquels de ses tissus. De plus, en utilisant l'espace et les nutriments disponibles sur la plante, les micro-organismes du microbiote empêchent les microbes délétères de s'y installer et de proliférer. Le microbiote peut aussi combattre plus férocièrement les pathogènes en produisant des composés qui limitent la prolifération de ces envahisseurs. C'est le cas de la bactérie bénéfique *Pantoea agglomerans* qui est utilisée en pomiculture pour combattre le feu bactérien, une maladie qui fait des ravages dans les vergers de l'Amérique du Nord.

Reproduction

Les micro-organismes présents sur les structures florales peuvent influencer la pollinisation d'une plante et donc son succès reproducteur. Par exemple, un nectar contenant davantage de levures est plus attractif pour les pollinisateurs qu'un nectar qui en est dépourvu. En effet, le microbiote peut modifier les composés odorants émis par les fleurs et conséquemment, interférer dans l'association plante-pollinisateur. En 2016, une équipe de chercheuses catalanes a démontré qu'en enduisant d'antibiotiques les fleurs de sureau noir (*Sambucus nigra*), supprimant de ce fait son microbiote, il y avait une perte de diversité des métabolites secondaires qui confèrent l'odeur particulière aux fleurs.

La présence de micro-organismes sur et dans les semences peut aussi influencer leur germination ainsi que la survie des jeunes plantules. Par exemple, les graines de roseau commun (*Phragmites australis australis*), une espèce envahissante en Amérique du Nord, sont associées à



Dicentre à capuchon © National Geographic Society

Étant donné son influence importante sur la nutrition, la défense et la croissance des végétaux, le microbiote offre la possibilité aux plantes de mieux s'adapter à leur environnement et d'en tirer un maximum de ressources. De plus, la composition du microbiote varie d'une espèce à l'autre, d'un individu à l'autre et même au sein d'un individu. Par des effets inégaux sur les capacités des différentes espèces, il contribue à déterminer l'assemblage des communautés végétales et influence directement la productivité des écosystèmes.

des bactéries du genre *Pseudomonas* qui favorisent la croissance des graines et leur résistance aux maladies. Ces bactéries, une fois libérées dans le sol, stimulent aussi la croissance de *P. australis* tout en défavorisant les espèces compétitrices.

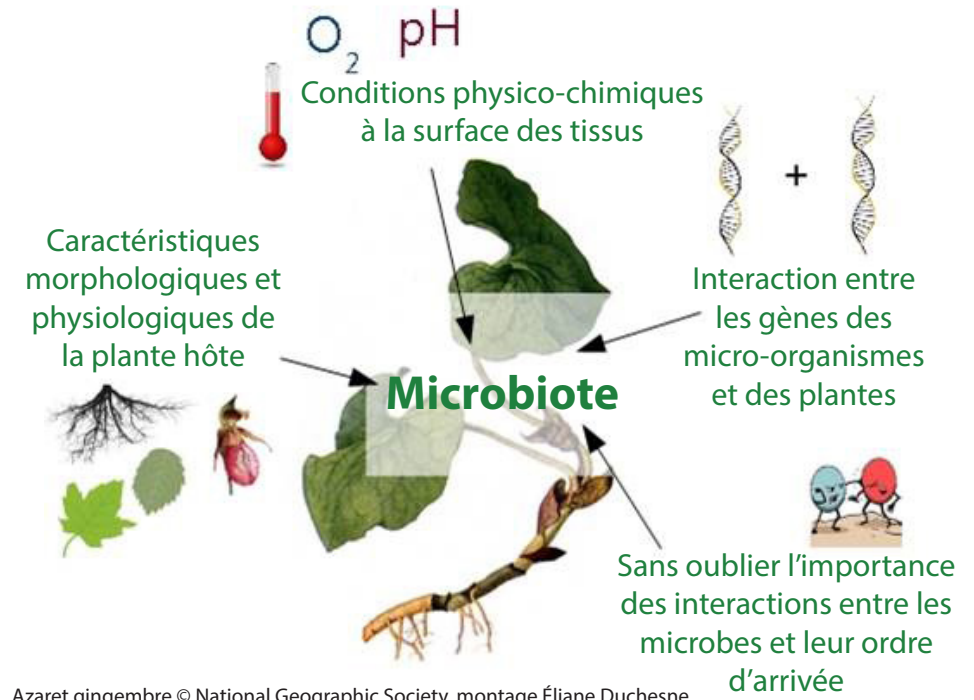
L'ASSEMBLAGE DU MICROBIOTE: AUCUNE PLANTE N'EST UNE ÎLE

Comme ce qui a été vu plus haut, l'identité des microbes qui composent le microbiote contribuent à déterminer son fonctionnement et les rôles qu'il peut jouer chez son hôte. Il est maintenant connu qu'il existe des variations importantes du microbiote entre les espèces végétales, entre les individus d'une même espèce et au sein d'un même individu. Pour mieux comprendre cette variation, Geneviève Lajoie, doctorante en écologie microbienne à l'UQAM, nous aide à examiner les étapes de colonisation des plantes par les micro-organismes.

D'abord, il faut considérer le réservoir de micro-organismes disponibles pour l'assemblage du microbiote sur une plante donnée. La composition de ce réservoir est principalement influencée par la région géographique où se trouvent les végétaux, ainsi que par son climat. En effet, des limites à la dispersion des micro-organismes et à leur tolérance physiologique empêchent la plupart des microbes de persister dans tous les écosystèmes.

Ensuite, les conditions physico-chimiques à la surface des tissus végétaux, comme la température, l'exposition aux rayons UV, le pH ou l'humidité, constituent un premier filtre à l'assemblage du microbiote. Considérant la variation importante de ces conditions sur une même plante, il n'est pas étonnant que les feuilles du haut de la canopée d'un arbre, qui sont plus exposées au vent et aux rayons UV, comportent un microbiote différent de celles situées au bas de la canopée de cet arbre.

Un second filtre est exercé par les caractéristiques morphologiques ou physiologiques propres à la plante hôte. Les traits propres à chaque espèce ou même à chaque individu,



Azaret gingembre © National Geographic Society, montage Éliane Duchesne

L'assemblage du microbiote s'effectue à partir d'un réservoir de microbes disponibles dans le milieu. Les micro-organismes ne peuvent coloniser un tissu végétal que s'ils passent à travers plusieurs filtres environnementaux.

comme l'aire relative des feuilles ou la densité du bois, vont en effet influencer la composition du microbiote. Aussi, une panoplie de composés produits par les différentes espèces végétales peuvent être relâchés par les racines, par les parties aériennes ou simplement être présents dans les tissus. Ces caractéristiques déterminent l'identité des microbes qui colonisent et persistent sur un tissu végétal. En effet, les microbes peuvent se nourrir de certains de ces composés ou encore doivent se prémunir contre l'effet toxique d'autres substances. Ces variations sont aussi présentes au sein d'une même plante, s'expliquant par les caractéristiques propres à chaque tissu. Par exemple, la faible abondance microbienne sur les fleurs est attribuée à une forte concentration en composés organiques volatils, molécules conférant le parfum floral.

Il serait erroné de croire que la plante est passive dans l'assemblage de son microbiote puisque certains mécanismes lui permettent de trier les micro-organismes qui pourront habiter ses tissus et de déterminer à quelle densité ils pourront être présents. La plante peut par exemple interférer

dans la communication entre les micro-organismes en formant des molécules qui imitent celles produites par les microbes dans le processus de détection de quorum. Ce processus régule les activités physiologiques des microbes et donc leur établissement dans les tissus végétaux.

Enfin, un dernier tri des micro-organismes est exercé par l'interaction entre les gènes des microbes, ceux de la plante hôte ainsi que l'environnement. Cette dernière étape contribue au peaufinage du microbiote, mais les mécanismes en jeu sont encore nébuleux.



© Lizzie Harper

L'ASSEMBLAGE DU MICROBIOTE? BIEN PLUS COMPLEXE QU'ON L'IMAGINE.

L'association entre les facteurs environnementaux et la physiologie des plantes ne peut toutefois pas expliquer l'entière complexité de la variation et de la complexité du microbiote. Les interactions entre les micro-organismes sont primordiales pour expliquer cette complexité. En effet, la composition microbienne est partiellement issue de l'ordre d'arrivée et des stratégies de lutte des micro-organismes. Certains d'entre eux sont plus compétitifs et trouvent leur place dans un environnement idéal, mais déjà fortement occupé, tandis que d'autres sont habilités à vivre dans un milieu précaire, mais quasi inhabité. Il faut aussi savoir que les micro-organismes modifient leur habitat, donc les caractéristiques des tissus de la plante. Ceci permet une succession vers des espèces microbiennes qui n'aurait pas survécu sans ces modifications. Geneviève Lajoie nous rappelle aussi que « toutes les étapes de filtration du microbiote ont lieu en même temps, et que déterminer l'importance relative de chacun de ces filtres demeure un défi d'importance pour l'écologie microbienne ».

L'assemblage du microbiote s'effectue à partir d'un réservoir de microbes disponibles dans le milieu. Les micro-organismes ne peuvent coloniser un tissu végétal que s'ils passent à travers plusieurs filtres environnementaux.

LE MICROBIOTE VÉGÉTAL À NOTRE AVANTAGE

La recherche effervescente sur le microbiote végétal et ses étonnantes découvertes ont ouvert la voie à son utilisation dans des domaines tels que la foresterie, la santé humaine et l'acériculture.

La revanche des insectes!

Il a été mentionné que le microbiote des feuilles pouvait exercer un rôle protecteur pour la plante hôte. Le paradoxe est que ces micro-organismes peuvent également venir en

aide aux herbivores friands de plantes. Les végétaux se protègent vigoureusement contre l'attaque d'insectes herbivores en produisant une variété de toxines s'attaquant au développement des insectes. Ces derniers doivent développer d'ingénieuses tactiques pour arriver à se mettre du vert sous les mandibules. Certains de ces insectes ont développé des mécanismes de détoxification qui ont toutefois leurs limites puisque la défense végétale s'intensifie lorsque la plante subit un dommage.

C'est ici qu'entre en jeu le microbiote végétal. Curieusement, certains insectes peuvent dérober et utiliser certains microbes du microbiote des plantes pour les utiliser à leur avantage.

Un bon exemple est la spongieuse (*Lymantria dispar*), un papillon

ravageur des forêts de feuillus. Les chenilles de la spongieuse possèdent au sein de leur tractus digestif des communautés bactériennes fortement influencées par le microbiote des plantes dont elles se nourrissent. En fait, les bactéries proviennent directement des feuilles ingérées et la physiologie des chenilles module la structure microbienne de leur tractus digestif. Une étude de Charles J. Mason et ses collègues de l'université du Wisconsin, publiée en 2014, a révélé que ce microbiote réduisait significativement les quantités de glycosides phénoliques, des toxines inhibant la croissance de la spongieuse.

Certaines bactéries présentes à la fois sur les feuilles des plantes et dans le tractus des chenilles sont effectivement aptes à métaboliser ces toxines. Ces connaissances pourraient s'avérer très utiles pour éventuellement contrôler cet insecte ravageur.

La médecine des microbes

Les métabolites secondaires présents dans les plantes sont utilisés depuis des milliers d'années pour leur capacité médicinale. L'Organisation mondiale de la Santé estime qu'environ 70 à 80 % de la population mondiale utilise des plantes médicinales pour ses soins de santé. Les métabolites secondaires sont responsables d'une large part des propriétés médicinales des plantes. Par exemple, le cohosh bleu (*Caulophyllum thalictroides*) est utilisé pour faciliter l'accouchement et employé depuis longtemps par les communautés autochtones. En effet, les triterpènes qu'elle contient, des métabolites secondaires de la famille

« Curieusement, certains insectes peuvent dérober et utiliser certains microbes du microbiote des plantes pour les utiliser à leur avantage. »

Chenille de *Lymantria dispar*



© iowagypsymoth.com



© Héloïse Piché-Couturier

Le cohosh bleu, une plante de sous-bois d'érablière en Amérique du Nord utilisée pour stimuler les contractions utérines

des saponines, seraient responsables de la stimulation des contractions utérines.

Que ce soit en activant les défenses de la plante, en transformant les métabolites secondaires déjà produits par celle-ci ou encore en synthétisant de nouveaux composés, le microbiote peut modifier les composés chimiques présents dans les végétaux. Ces mécanismes sont à l'origine du lien entre les propriétés médicinales des plantes et le microbiote observé par une équipe de chercheuses de l'institut de biotechnologie environnementale de l'université de Graz en Autriche. Leur étude de 2014 a révélé que l'inoculation des feuilles de camomille (*Matricaria chamomilla*) avec des espèces particulières de bactéries du genre *Bacillus* menait à la production d'une plus grande quantité de métabolites secondaires, notamment le composé bioactif apigénine-7-O-glucoside. Ce composé est le flavonoïde retrouvé en plus grande abondance dans la camomille et serait responsable de ses propriétés anti-inflammatoires, anti-virales et anti-carcinogènes. Conséquemment, comprendre les interactions entre microbiote et plante hôte est un grand avantage pour obtenir des plantes à plus forte valeur médicinale.

Quand microbe rime avec sirop... d'érable

Bien que peu de micro-organismes soient présents dans la sève d'un érable vivant, l'eau d'érable abrite nombre d'entre eux. La contamination

de l'eau d'érable a lieu à l'entaille et les micro-organismes proviennent de l'écorce, du sol, du microbiote des feuilles, mais aussi de la personne entaillant l'érable. Comme l'expose Marie Filteau de l'université Laval dans ses travaux portant sur le sujet, certains micro-organismes sont des membres récurrents du microbiote de l'eau d'érable et varient en abondance durant la saison. Ils sont toutefois présents, peu importe la situation géographique de l'érablière. Les pics d'abondance de certains de ces micro-organismes, dont *Pseudomonas fluorescens*, sont d'ailleurs corrélés à la couleur et la saveur du sirop. Par exemple, un sirop tardif à la robe plus foncée et au goût prononcé provient d'une eau d'érable contenant une proportion plus faible de *P. fluorescens* qu'un sirop hâtif plus clair et au goût plus fin. C'est pourquoi le microbiote stable de l'eau d'érable est suspecté d'être à l'origine des saveurs typiques de l'érable. La présence de ces micro-organismes semble également prévenir la contamination par les microbes aux effets néfastes. En effet, certains micro-organismes possèdent des enzymes transformant le saccharose de la sève en fructose et en glucose, deux sucres réducteurs. En bouillant l'eau d'érable, une réaction chimique a lieu, résultant en l'apparition du goût et de la couleur du sirop. Cette réaction s'appelle la réaction de Maillard.

Lors de ce processus, les sucres réducteurs se fixent aux acides aminés présents dans l'eau d'érable. Lorsque ces sucres sont présents en trop grande

quantité, le sirop devient très foncé et acquiert un goût de brûlé. À l'inverse, certaines bactéries et levures participant au bon goût de l'érable ont la capacité de dégrader la lignine, une molécule structurale du bois, pour en faire de la vanilline qui confère un goût vanillé au sirop.

Enfin, preuve ultime de leur implication dans l'élaboration du délice printanier, une absence de micro-organismes dans l'eau d'érable est associée à un problème de plus en plus fréquent : l'insipidité du sirop! Qu'est-ce qui pourrait expliquer cette absence de saveur de plus en plus fréquente?

Pour mieux comprendre le phénomène, William Lavoie-Strong, conseiller en acériculture pour le club d'encadrement en acériculture de l'Est et maintenant enseignant dans le domaine au Cégep de La Pocatière, nous invite à réfléchir aux conditions gagnantes que permettait la récolte de l'eau d'érable à la chaudière. Toutes les exigences du développement microbien sont remplies dans le système à la chaudière, où les nombreux transvidages permettent une oxygénation de l'eau et où le délai entre la coulée et l'ébullition procurent les conditions nécessaires au développement des micro-organismes. De plus, la contamination de l'eau d'érable avec une bonne diversité et une bonne quantité de micro-organismes est plus probable par le contact avec le chalumeau, la chaudière et les débris d'écorce.



CCO Public Domain

Et si depuis environ 25 ans au Québec, les érabières commerciales désinfectent généralement le système de collecte par tubulures à l'eau de javel, ces pratiques n'ont pas toujours eu lieu. « [Autrefois,] les cabanes rudimentaires n'avaient pas de puits, l'eau courante n'étant pas nécessaire, et, en absence de cours d'eau pour laver les équipements, ils pouvaient être rincés avec de la neige fondue. J'ai même entendu que certaines personnes entaillaient les bouleaux afin de récupérer assez d'eau pour rincer les équipements. [On] n'est donc pas dans un "lavage" à proprement parlé, mais plutôt dans un maintien du [microbiote]. » Nous raconte William Lavoie-Strong.



© David Dupré

Cependant, les érabières utilisant un système de tubulures pour la collecte de l'eau d'érable ne sont pas condamnées à un sirop insipide. D'ailleurs, le microbiote stable de l'eau d'érable prend très bien ses aises dans les tubulures, parfois au grand dam des acéricultrices qui doivent gérer leurs tubulures bloquées lorsque les bactéries et levures s'y développent trop. Alors, comment permettre le développement du microbiote souhaité dans les tubulures ? Le nouvel enseignant du Cégep de La Pocatière a sa petite idée sur le sujet. Une des raisons de l'utilisation d'eau de javel pour la désinfection du système de récolte est qu'elle permet d'éviter que les micro-organismes présents à l'entaille entraînent la cicatrization de l'érable avant la fin de la coulée.

Cependant, son utilisation pourrait peut-être se limiter au chalumeau et permettre ainsi au microbiote de se développer dans les tubulures.

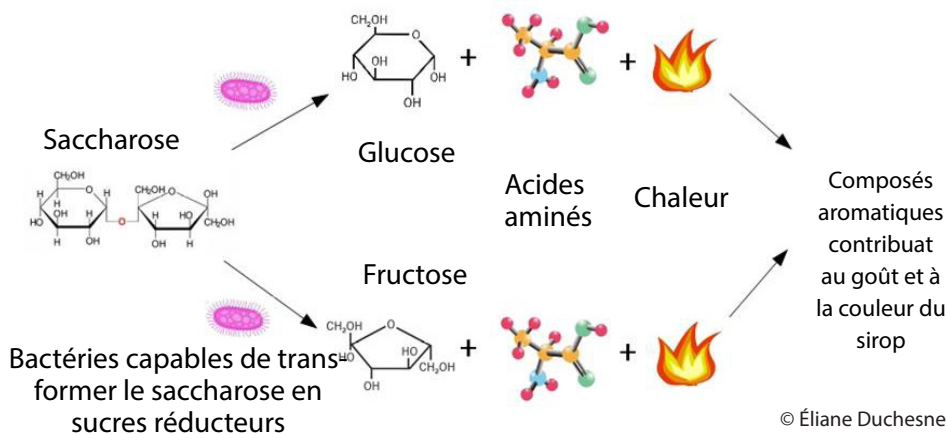
Ainsi, les connaissances acquises sur le microbiote de la sève d'érable en relation avec la saveur et la qualité du sirop pourraient remettre alors en question notre pratique de l'acériculture moderne.

Une autre question nous colle au palais : les acéricultrices québécoises, pour qui l'utilisation de javellisant est financée par l'union des producteurs agricoles (UPA), auraient-elles plus de problèmes d'insipidité du sirop que leurs analogues américaines chez qui ces produits sont moins utilisés ?



© Catehulhu

Pseudomonas fluorescens, une bactérie faisant partie du microbiote stable de l'eau d'érable



Ainsi, les connaissances acquises sur le microbiote de la sève d'érable en relation avec la saveur et la qualité du sirop pourraient remettre alors en question notre pratique de l'acériculture moderne. Une autre question nous colle au palais : les acéricultrices québécoises, pour qui l'utilisation de javellisant est financée par l'union des producteurs agricoles (UPA), auraient-elles plus de problèmes d'insipidité du sirop que leurs analogues américaines chez qui ces produits sont moins utilisés ?

LA RÉACTION DE MAILLARD contribue au goût du sirop d'érable. En présence de trop de sucres réducteurs, le sirop obtenu suite au chauffage de l'eau d'érable est très foncé et possède un goût de brûlé.



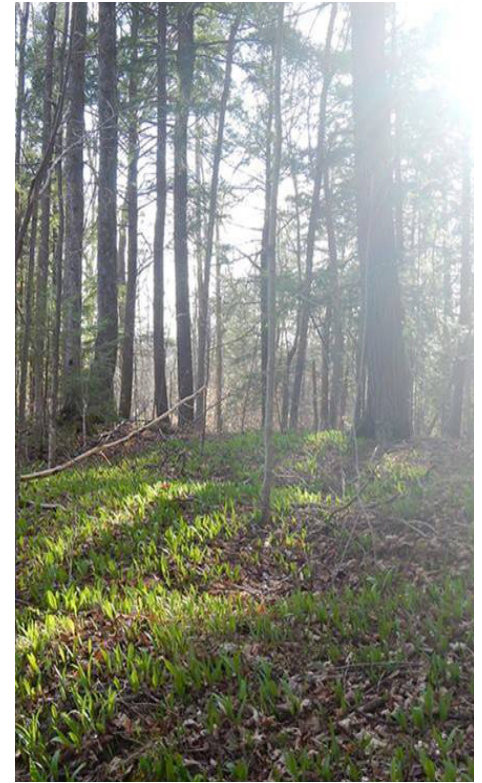
© Robert F. Bukati

Le système de collecte d'eau d'érable par tubulures est le système le plus utilisé de nos jours en acériculture commerciale.

POURQUOI S'ARRÊTER ICI?

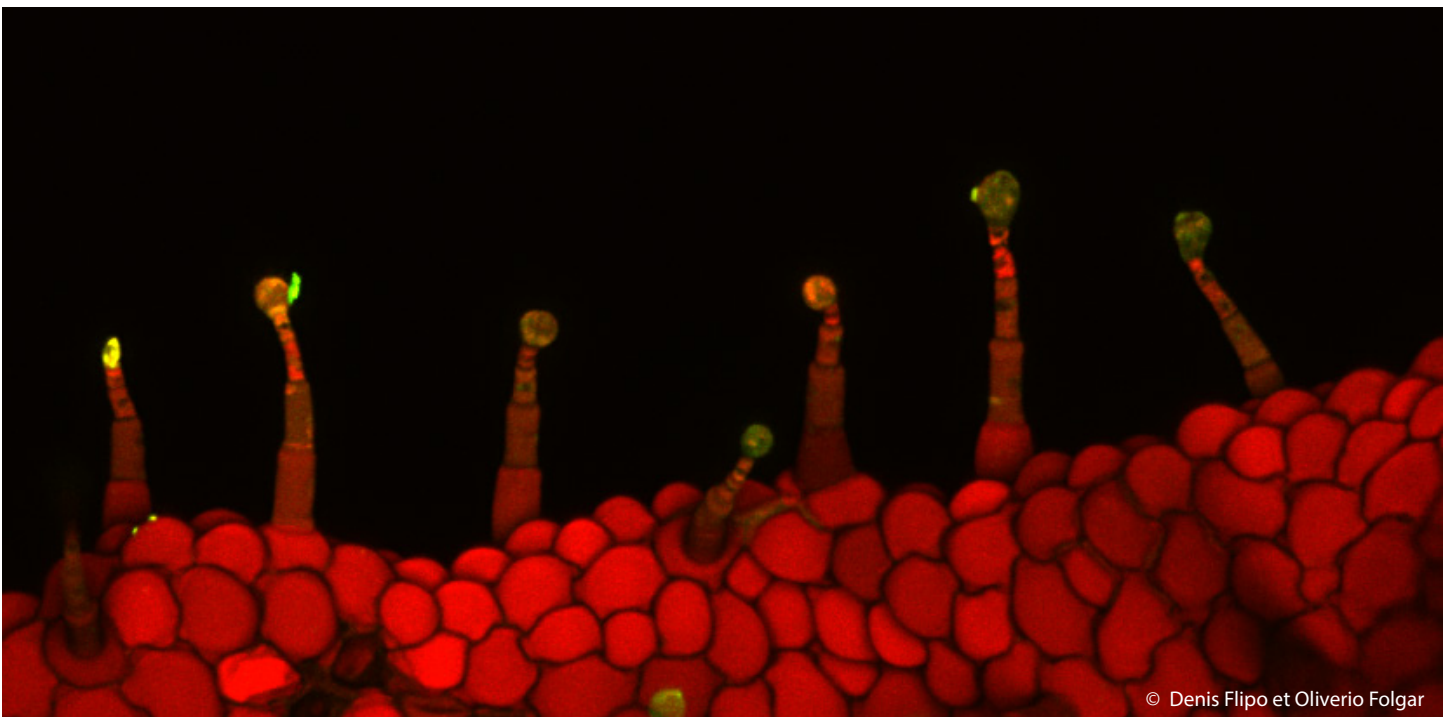
Tout compte fait, les interactions entre les plantes et les micro-organismes qui les habitent peuvent être bénéfiques pour les deux parties, mais pourraient également ouvrir la voie à de nombreuses applications utiles aux êtres humains. En effet, les populations humaines sont toujours en quête d'une agriculture plus productive et résiliente. Étant donné les études qui montrent son importance pour la survie, la croissance et la reproduction des plantes, il est nécessaire que le microbiote soit pris en compte dans les pratiques agricoles. Une avenue

de plus en plus étudiée est celle de la néo-domestication qui considère les micro-organismes et leurs interactions avec leur hôte dans la sélection des plantes comestibles. Par ailleurs, beaucoup de végétaux de notre alimentation sont consommés crus. À l'instar des chenilles, il est possible que leur microbiote, que nous ingérons par la même occasion, contribue à la diversité de notre propre microbiote intestinal et puisse stimuler notre système immunitaire. Cette action du microbiote végétal pourrait-elle éventuellement représenter une stratégie alternative ou complémentaire aux antibiotiques?



© Héloïse Picher-Couturier

« [Autrefois,] les cabanes rudimentaires n'avaient pas de puits, l'eau courante n'étant pas nécessaire, et, en absence de cours d'eau pour laver les équipements, ils pouvaient être rincés avec de la neige fondue. J'ai même entendu que certaines personnes entaillaient les bouleaux afin de récupérer assez d'eau pour rincer les équipements. [On] n'est donc pas dans un "lavage" à proprement parlé, mais plutôt dans un maintien du [microbiote]. »



© Denis Flipo et Oliverio Folgar



Vous avez **PEUR** du noir ? Blâmez vos ancêtres !

**Émilie Desjardins, Louis Duhamel Beaudry,
Marie Elen Dupuis et Marilou Guay**

Souvenez-vous lorsque vous étiez enfant. C'est la nuit et vous êtes dans votre lit. Un silence total plane sur la maison... jusqu'à ce qu'un craquement se fasse entendre. Une lueur provenant de l'extérieur projette une silhouette obscure sur le mur. Les bruits et les ombres prennent soudainement des dimensions terrifiantes. Pour que le monstre sous le lit ne puisse pas vous attraper, vous vous enfouissez sous la couverture et la tirez sous vos pieds. C'est alors que vous vous rendez compte que votre cœur bat à tout rompre et que votre respiration s'intensifie... cette scène, nous l'avons tous vécue et le souvenir du temps où vous aviez peur du noir vous fait probablement sourire aujourd'hui.

EN FAIT, vous ne l'avez peut-être pas remarqué, mais vous ressentez toujours une certaine peur de l'obscurité. Elle est omniprésente. Elle s'exprime seulement différemment en fonction de l'âge. Pourquoi? D'où vient la peur du noir? C'est ce que nous nous apprêtons à vous faire découvrir.

QU'EST-CE QUE LA PEUR?

La peur est un système d'alarme interne qui se déclenche inconsciemment pour faire face à un danger. La réponse de peur consiste en un ensemble de réactions comportementales, autonomes et hormonales appelées « fight-or-flight », qui est un

processus instinctif de combat-fuite aussi ancien que le sont les premiers tétrapodes. Certains stimuli induisant la peur déclenchent une réponse innée, c'est-à-dire que l'on possède dès la naissance. Bien qu'il soit difficile de le tester expérimentalement, il est généralement reconnu que ces réponses découlent de menaces anciennes, comme l'obscurité. La peur du noir aurait donc facilité la survie en incitant l'évitement des situations dangereuses.

UNE PEUR INFANTILE, VRAIMENT?

Selon une étude menée à l'Université de Murcie en Espagne, la principale peur d'un enfant de quatre ans serait la peur du noir. Mais, rassurez-vous, cette peur peut s'atténuer. ... ou pas ! En effet, plusieurs études supportent l'hypothèse du « développement dynamique », c'est-à-dire que l'intensité de la peur varie avec le temps. Cette variabilité pourrait se manifester par « l'innovation génétique », processus par lequel de nouveaux gènes deviennent actifs et augmentent l'intensité de la peur. À l'inverse, « l'atténuation génétique » peut diminuer l'influence de certains gènes et ainsi atténuer nos peurs. Il semblerait que ces changements génétiques surviennent pendant la puberté en raison des changements hormonaux. Bien entendu, la peur du noir est le fruit d'une double influence et donc les expériences personnelles, en plus de la génétique, peuvent modifier nos réactions.

TOUT PART DE LA GÉNÉTIQUE...

Les gènes sont comparables aux plans d'architecture d'un organisme vivant qui mènent à la création des structures comme les circuits dans le cerveau. À leur tour, ces structures cérébrales déterminent les réponses de peur du noir maintenues à travers le temps via l'hérédité et la sélection naturelle.

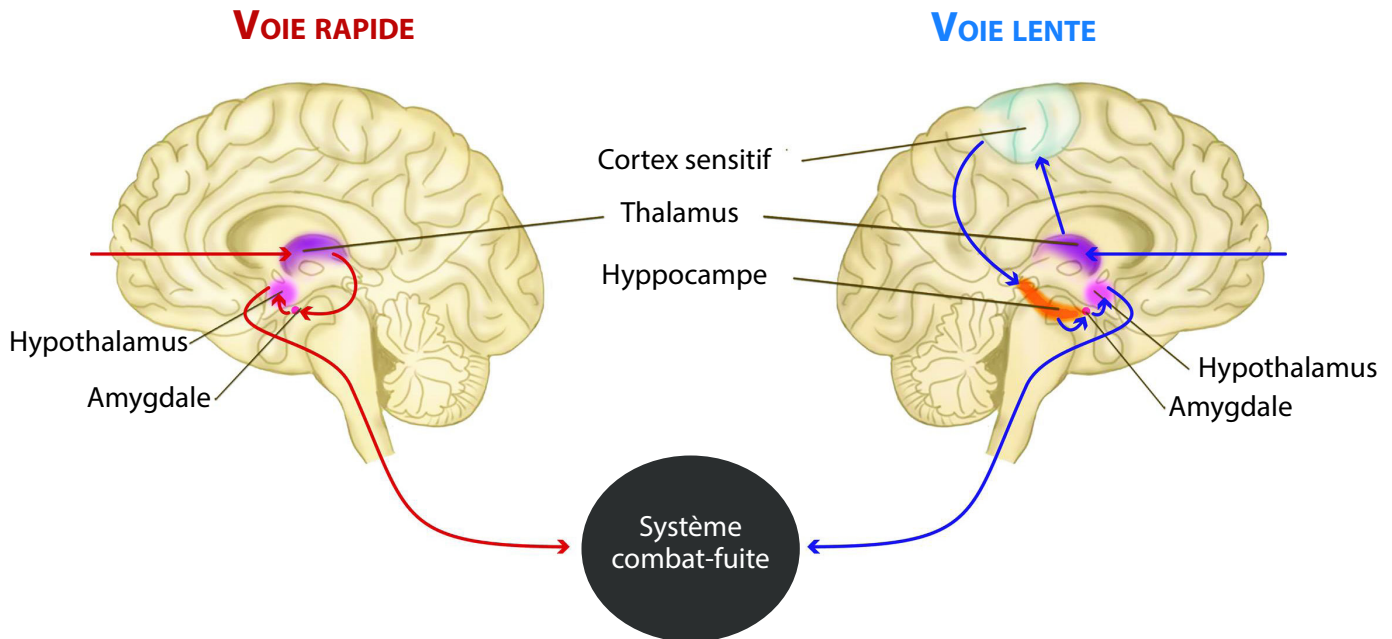
LE CIRCUIT DE LA PEUR

Le cerveau est le point de départ de la pensée, des actions conscientes, mais aussi des réponses inconscientes, dont la peur. Plus précisément, la peur prend naissance dans l'amygdale cérébrale, aussi appelée organe de la peur. Afin de se rendre à l'amygdale, les stimuli menaçants peuvent emprunter deux voies : la voie rapide et la voie lente. Ces dernières mènent à l'activation de la réaction de combat-fuite et mettent en jeu le thalamus, le cortex sensitif, l'hypothalamus et l'hippocampe.

Dans la voie rapide, lors de la perception du stimulus menaçant, les données sensorielles sont acheminées au thalamus qui les transmet directement et sans traitement préalable à l'amygdale cérébrale. Ce dernier prend des mesures immédiates pour protéger l'organisme en indiquant à l'hypothalamus d'amorcer la réponse de combat-fuite. C'est le système d'alarme précoce du cerveau, dont le but est de ne prendre aucun risque.

À l'inverse, la voie lente prend plus de temps, mais offre une interprétation des événements. Dans cette voie, le thalamus envoie les données sensorielles au cortex sensitif qui les interprète pour en tirer un plan d'action adapté aux besoins et au contexte de la situation rencontrée. Il transmet ensuite l'information à l'hippocampe qui « pose » la question suivante : « est-ce que cette situation m'a déjà occasionné des problèmes sérieux ? ». Si la réponse

est non, un signal est envoyé à l'amygdale qui ordonne à l'hypothalamus de désactiver le système combat-fuite. Au contraire, si la réponse est oui, la peur est jugée rationnelle et le système combat-fuite est enclenché pour réagir rapidement à des situations mettant potentiellement la vie en danger. Le système est enclenché lorsque l'amygdale envoie un signal de détresse à l'hypothalamus qui transmet à son tour des signaux aux glandes surrénales. Ces dernières réagissent en libérant des catécholamines, dont l'adrénaline et la noradrénaline, dans la circulation sanguine. La libération de ces substances, mais aussi de 30 autres hormones, entraîne un grand nombre de changements physiologiques rapides. On observe alors une augmentation de la fréquence cardiaque, poussant le sang vers les muscles squelettiques et les organes vitaux. Les poumons se détendent afin d'augmenter leur capacité et l'oxygène supplémentaire est envoyé au cerveau, entraînant ainsi une vigilance accrue. Tous les sens deviennent plus aiguisés, notamment les pupilles se dilatent pour optimiser la quantité de lumière qui entre dans l'œil. De plus, les systèmes non essentiels dans l'immédiat, comme les systèmes digestif et immunitaire, se mettent en veille pour permettre l'allocation de plus d'énergie aux fonctions d'urgence. Ces changements sont généralement proportionnels à la sévérité de la menace ou à notre perception de celle-ci.



© Alexis Desjardins



« Rien en biologie n'a de sens,
si ce n'est à la lumière de l'évolution »

- Theodosius Dobzhansky, 1973

PEUR OU PHOBIE?

Les phobies sont des peurs exagérées et répétées qui peuvent devenir si intenses qu'elles entravent la vie de la personne qui en souffre. L'utilisation de techniques de neuro-imagerie a permis de mettre en lumière un dysfonctionnement de l'amygdale et des structures cérébrales connexes dans de nombreux cas de phobies. Une peur du noir phobique pourrait, par exemple, empêcher quelqu'un d'aller au sous-sol ou encore à l'extérieur une fois la nuit tombée. Il existe bien sûr des formes intermédiaires entre les peurs et les phobies.

PEURS	PHOBIES
Registre de l'émotion	Registre de la maladie
Peur d'intensité limitée, souvent contrôlable	Peur intense pouvant aller jusqu'à la panique, souvent incontrôlable
Associées à des situations objectivement dangereuses	Associés à des situations parfois non dangereuses
Évitement modéré des objets ou des situations phobogènes, et handicap léger	Évitement important des objets ou des situations phobogènes, et handicap significatif lié à l'anticipation anxieuse des situations et aux évitements.
Peu d'anxiété anticipatoire : l'existence n'est pas organisée autour de la peur	Anxiété anticipatoire majeure : l'existence est organisée autour de la peur
Les confrontations répétées peuvent peu à peu faire diminuer l'intensité de la peur	Il est fréquent que, malgré des confrontations répétées, la peur ne diminue pas

ET DE L'ÉVOLUTION !

Nous sommes mal à l'aise, voire apeurés, lorsque nous sommes dans une situation où nos sens ne peuvent pas nous informer sur notre environnement. Il serait donc logique de croire que notre peur innée de l'obscurité

est une adaptation évolutive pour nous prémunir contre le risque élevé de prédation la nuit, attribuable à notre piètre vision nocturne. En effet, nous sommes des êtres essentiellement visuels et adaptés à une vision diurne. La nuit, notre sens principal devient inutile. Notre ouïe est encore disponible pour nous informer, mais

elle est peu performante. Alors, nous avons peur, tout comme certains animaux nocturnes peuvent avoir peur de la lumière. Mais cela n'a peut-être pas toujours été le cas puisque nos ancêtres lointains, eux, pouvaient percer l'obscurité. Retournons dans le passé, il y a plusieurs millions d'années, pour rencontrer nos ancêtres afin de comprendre comment ils sont passés d'un mode de vie nocturne à diurne et comment cette transition a abouti à notre peur innée du noir.

Il y a environ 80 millions d'années, à l'endroit qui deviendra l'Afrique que nous connaissons, notre ancêtre euprimate – ancêtre commun de tous les primates modernes – coexistait avec les dinosaures. C'était un petit animal arboricole aux allures de musaraigne et de lémurien et dont le mode de vie nocturne lui permettait d'échapper à la prédation ou bien de répartir temporellement la nourriture disponible et les abris dans le milieu. Il possédait de grands yeux orientés vers l'avant, dotés d'un *tapetum lucidum*. Le *tapetum lucidum* est une membrane réfléchissante derrière la rétine qui fournit une deuxième chance aux cellules visuelles de capter la lumière et d'augmenter la sensibilité à une faible luminosité. C'est d'ailleurs cette membrane qui fait luire les yeux des animaux nocturnes lorsqu'on les éclaire.



Tapetum lucidum du lépilemur à pattes blanches (*Lepilemur leucopus*).



Ancêtre euprimate
-80 Ma



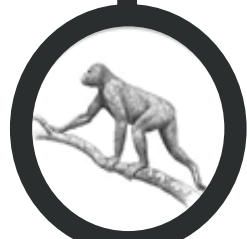
K/T
-65 Ma



Coancêtre partagé
avec les tarsiers
-63 Ma



Coancêtre partagé
avec les petits
singes de l'Ancien
Monde
-45 Ma



Premier hominidé
-20 Ma



Homo ergaster
-1,5 Ma

© Phillippe Desjardins

Ligne du temps avec nos ancêtres

DES ANIMAUX NOCTURNES PHOTOPHOBES !

Si certains animaux diurnes peuvent avoir peur de la nuit ou du moins de la noirceur, il est raisonnable de penser que certains animaux nocturnes peuvent craindre la lumière. On dit alors qu'ils sont photophobes. Des chercheurs de l'Université de Rouen en France ont d'ailleurs constaté que les souris sur lesquelles ils travaillaient durant la journée étaient stressées. À l'inverse, à l'obscurité totale ou à une faible luminosité, les souris étaient actives et leur stress réduit. Ceci serait expliqué par le fait que dans des conditions naturelles, l'activité nocturne des souris permet de minimiser leur risque de prédation. Depuis ces observations, plusieurs laboratoires tamisent les lumières dans les zones où se trouvent les souris. Lorsqu'ils doivent employer une lumière intense, les scientifiques peuvent utiliser des souches avec une dégénérescence rétinienne afin de calmer les souris et ainsi limiter d'éventuels biais pouvant être causés par les facteurs de stress.



© Your Choice

Continuons notre voyage pour atteindre -65 millions d'années, date à laquelle les dinosaures non-aviens commenceront à disparaître en raison de changements environnementaux importants. Ceux-ci ont été entraînés par l'augmentation de l'activité volcanique dans la région qui deviendra l'Inde et par l'impact d'un grand astéroïde ou d'une comète qui a frappé la Terre au Mexique. Ainsi libéré de l'hégémonie reptilienne, notre co-ancêtre partagé avec les tarsiers en profitera pour conquérir le monde diurne. Ce nouveau mode de vie entraînera la perte définitive du *tapetum lucidum* au sein du reste de la lignée des primates. Selon Luc-Alain Giraldeau, professeur titulaire à l'UQAM et expert en évolution du comportement, il est possible que cette transition ait permis de diminuer la compétition pour les abris et la nourriture avec les autres singes nocturnes.

C'est aux alentours de -45 millions d'années qu'a eu lieu un événement déterminant pour notre lignée ainsi que celle des petits singes de l'Ancien Monde : l'apparition de la vision en couleur grâce à une duplication d'un des deux gènes codant pour des cellules visuelles en cône. Ces cellules permettent une vision plus précise comme la détection d'objets immobiles et colorés. Comme l'évolution implique des compromis, les primates ont troqué une partie de leur odorat contre cette meilleure vision.

On pourrait se demander quels étaient les avantages d'une bonne vision colorée pour qu'elle soit conservée dans la lignée des primates. Selon Richard Dawkins, biologiste et éthologue britannique, l'idée dominante est qu'elle soit liée à la consommation de fruits puisque dans une forêt de verdure, les fruits contrastent par leurs couleurs. Cette vision en couleur permet aussi de discriminer les jeunes feuilles vert pâle qui sont plus tendres. Une autre hypothèse veut que la vision des couleurs ait facilité la communication visuelle et la reconnaissance faciale.

Rencontrons maintenant les premiers hominidés. Terrestres de jour, ils allaient s'abriter dans les arbres la nuit pour échapper aux prédateurs nocturnes. Il en a été ainsi jusqu'à ce qu'une baisse globale de la température entraîne une réduction des habitats forestiers, il y a environ 20 millions d'années, et oblige nos ancêtres à demeurer au sol. Ainsi, ces derniers sont devenus plus vulnérables vis-à-vis des prédateurs nocturnes qui constituaient une importante pression de sélection. Leur faible capacité à percer l'obscurité laissait peu de chances d'anticiper la menace des prédateurs dotés d'une excellente vision nocturne.

VOIR DE NUIT COMME DE JOUR

Le feu a longtemps consisté en la principale, voire la seule source d'éclairage alternative pour l'humain. L'électricité a profondément changé notre mode de vie en nous permettant de prolonger nos activités à des heures encore plus tardives. De nos jours, de nouvelles technologies permettant d'étendre notre capacité visuelle font leur apparition. Notamment, des chercheurs de l'Université du Michigan aux États-Unis ont mis au point des détecteurs à infrarouge – une lumière émise par tous les corps chauds que nos yeux sont incapables de capter – afin de percer l'obscurité presque totale. Pour ce faire, ils ont utilisé le graphène, une feuille de carbone d'un seul atome d'épaisseur dotée de plusieurs propriétés intéressantes : extrêmement solide, mais flexible, transparent, léger et capable de transformer l'ensemble du spectre lumineux en courants électriques. En pratique, le capteur infrarouge se trouverait dans une lentille et l'information visuelle serait ensuite transmise à un petit écran disposé devant l'œil. Ces lentilles surpasseraient les appareils de vision nocturne actuels en étant plus petites et en ne nécessitant pas d'équipement de refroidissement. Bien que le dispositif soit encore au stade expérimental, il semble prometteur dans l'expansion de nos capacités visuelles la nuit. L'enthousiasme est au rendez-vous chez les chercheurs et Google a déposé, en ce sens, un brevet pour un concept de lentilles intelligentes équipées d'une caméra et d'un écran. À suivre...

Détecteurs à infrarouge intégrés dans une lentille de contact.

Une étude réalisée en Tanzanie portant sur la fréquence des attaques de lions sur les humains reflète justement le type de relation que nos ancêtres pouvaient avoir avec la faune de l'époque. Dans cette étude, non seulement la grande majorité des victimes (60%) était attaquée après la tombée de la nuit, plus précisément entre 18:00 et 21:45, mais les taux d'attaque variaient de façon saisissante avec les phases de la lune. Plus les nuits étaient claires, moins nombreuses étaient les attaques. Toutefois, lors des nuits noires suivant la pleine lune, il fallait rester sur ses gardes!

Les prédateurs nocturnes ont donc joué un rôle important dans l'évolution en conduisant la lignée *Homo* à la construction d'abris, la fabrication d'armes, au contrôle du feu ainsi qu'à notre peur innée de l'obscurité. Nous sommes les produits de la sélection naturelle, qui a impitoyablement éliminé les individus incapables de percevoir les dangers de la noirceur et de les transmettre à leurs descendants. Ainsi, moins on y voit, plus on a peur. En outre, la maîtrise du feu par notre aïeul *Homo erectus*, il y a environ

1,5 million d'années, représente un passage important de notre évolution, où nous avons remplacé les adaptations biologiques par des adaptations technologiques. La domestication du feu a offert une protection supplémentaire contre les prédateurs en plus

de permettre à nos ancêtres de poursuivre leurs activités une fois la nuit tombée. Cela représente, en quelque sorte, une tricherie évolutive puisque nous n'avons plus seulement besoin de nous fier à nos capacités physiologiques pour survivre.



ET SI DARWIN NE DÉTENAIT PAS LA RÉPONSE?

Bien que les découvertes de fossiles permettent de mieux comprendre l'évolution de nos ancêtres, il faut cependant rester prudents quant à l'interprétation des différentes observations. Les fossiles d'une ère en particulier ne sont trouvés qu'au compte-goutte et ne permettent pas d'avoir un portrait complet de l'époque. Comme l'explique Patrick Haffner, mammalogiste du Muséum national d'Histoire naturelle de Paris : « Le problème de la paléontologie est qu'elle ne livre souvent que des informations partielles, tout simplement parce que tous les fossiles d'une période donnée n'ont pas encore été retrouvés, voire que certaines espèces ou périodes n'ont laissé aucun fossile ». Il ajoute que certains traits de vie des espèces fossiles comme la diurnalité ou la nocturnité « sont déduits de leur anatomie tels que les caractères crâniens, et qu'on n'a pas la possibilité d'aller dans le passé pour vérifier. Il faut donc se rappeler que ce ne sont que des hypothèses qui, si elles sont plausibles, ne sont pas nécessairement les seules possibles ». Ainsi, il est tout aussi probable que nos ancêtres n'étaient pas nocturnes et qu'on n'ait jamais perdu les adaptations à ce mode de vie.

Enfin, Patrick Haffner suppose que « la peur du noir éprouvée par les animaux diurnes n'est certainement pas le résultat d'une évolution et qu'elle a existé dès qu'il a existé des animaux diurnes, cette peur prenant des formes différentes suivant les organismes ».

LA FROUSSE POUR MIEUX SURVIVRE

Chez l'humain moderne, la peur du noir est alimentée par la culture. Ainsi, les mythes et légendes qui enrichissent l'histoire d'un peuple exacerbent nos angoisses et cultivent cette peur ancestrale. On peut penser au loup-garou, un prédateur qui a longtemps terrorisé nos prédécesseurs la nuit...

Notre peur du noir est ancrée dans nos gènes et pourrait constituer un legs de nos ancêtres qui ont profité du retrait des dinosaures pour vivre de jour. Ce serait un mécanisme de protection de nos aïeux contre les prédateurs et autres dangers nocturnes. La peur serait alors un véritablement moteur d'évolution. En ce sens, la prochaine fois que vous serez confronté à l'obscurité, assumez votre peur et rappelez-vous que si vous existez, c'est que vous êtes le fier descendant d'une longue lignée d'ancêtres peureux.

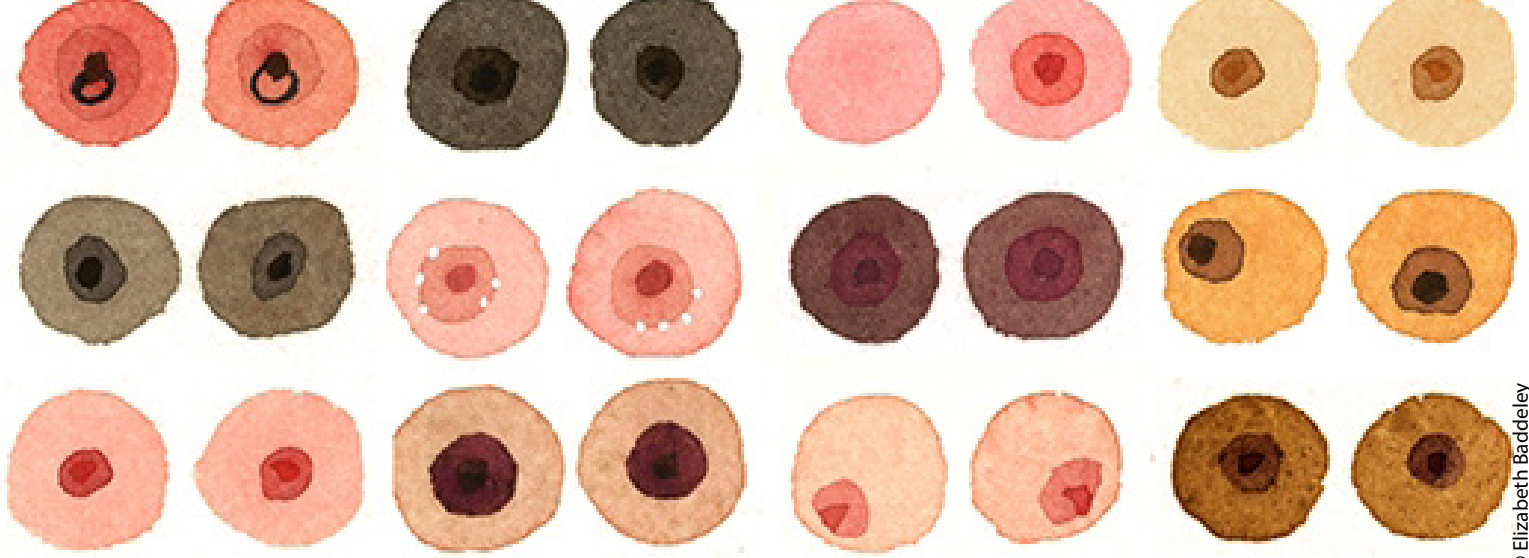


© Gunel Gasanovas



FRISSONNER D'EFFROI!

Le hérissément des poils est une défense évolutive que nous partageons avec les porcs-épics, les chats, les ours et d'autres créatures. Cette stratégie vise à avoir l'air plus imposant et intimidant devant un danger. Même si la chair de poule n'est pas aussi utile pour nous que pour les animaux couverts de fourrure ou de plumes, la peur met encore en mouvement une réaction en chaîne de notre cerveau jusqu'à notre peau. Elle aboutit à ce qu'on appelle la chair de poule, qui est en fait la contraction des muscles érecteurs reliant les poils à la peau, formant de minuscules bosses et redressant les poils à la surface de notre corps.



© Elizabeth Baddeley

Vos **TÉTONS** vous sont-ils utiles?

Gabriel Thibodeau, Didier Eustache-Létourneau et Roberto Sepulveda-Mina

Au sommet de la canopée des forêts pluvieuses de Pasoh saute d'arbre en arbre une petite boule de poils presque invisible depuis le sol. Un observateur avisé peut reconnaître une chauve-souris Dayak mâle qui est occupée à grappiller des ressources alimentaires pour le nid familial. Il cesse soudainement son labeur quand une série de cris métalliques rompt l'attention intense qu'il porte à la tâche. Le voilà qui plonge dans le vide pour regagner la direction du nid d'où les appels se font de plus en plus insistants. À entendre la signature sonore de la femelle, on se dit que celle-ci veut échapper à tout prix à la garde du bébé qui tête sans jamais atteindre la satiété. À peine le père a-t-il replié ses ailes que la maman a disparu, et que le nourrisson est déjà attablé à vider les mamelles paternelles...



© Ch'rien Lee

WOAH LES MOTEURS! LE MÂLE EST EN TRAIN D'ALLAITER!?

Si cette histoire s'avérait exacte, ce serait la première fois qu'on observe ce comportement dans la nature, mais l'histoire humaine nous donne plusieurs exemples crédibles de lactation par l'homme. Par exemple, en 2002, l'Agence France-Presse rapportait le cas d'un Sri Lankais ayant perdu sa femme lors de la naissance de leur deuxième fille qui avait spontanément produit du lait pour la nourrir, puisque celle-ci refusait le lait artificiel.

Pour ce qui est de notre famille de chauves-souris, il est possible que ce miracle d'allaitement n'ait jamais eu lieu, puisque ce comportement n'a pas encore été observé. Pourtant, les chauves-souris Dayak mâles produisent effectivement du lait. En 1994, des chiroptérologues ont avancé l'hypothèse de l'allaitement masculin pour expliquer la découverte d'une production de faibles quantités de lait par les chauves-souris mâles durant la période d'allaitement des femelles. Cette hypothèse est encore crédible aujourd'hui et s'inscrit dans un cadre théorique plus large, celui des soins paternels.

Dyacopterus spadiceus, chauve-souris Dayak

À ce jour, une autre espèce a rejoint la liste des mammifères soupçonnés d'allaitement masculin : *Pteropus capistratus*, une chauve-souris qui niche dans des conditions écologiques similaires à celles de la chauve-souris Dayak. Malheureusement, ces deux espèces habitent à faible densité au-dessus de la canopée des forêts pluvieuses asiatiques, ce qui limite notre capacité à comprendre les comportements qui justifient leur production de lait. Savoir si la lactation de ces chauves-souris mâles est liée à un comportement d'allaitement ou s'il s'agit d'une lactation accidentelle due à un déséquilibre hormonal est donc une question insoluble jusqu'à ce que des chercheuses et chercheurs prennent leurs drones à deux mains et fassent enquête.

Ce faisant, elles et ils auraient le potentiel de répondre à une question que se posent les biologistes de l'évolution depuis longtemps, c'est-à-dire : pourquoi est-ce que les mammifères mâles ne produisent pas de lait, alors qu'il existe toutes sortes d'exemples de soins paternels et que ces mâles possèdent déjà un attirail morphologique et physiologique adaptable à la lactation?

ENTRE TOI ET MOI, COMMENT ÇA FONCTIONNE?

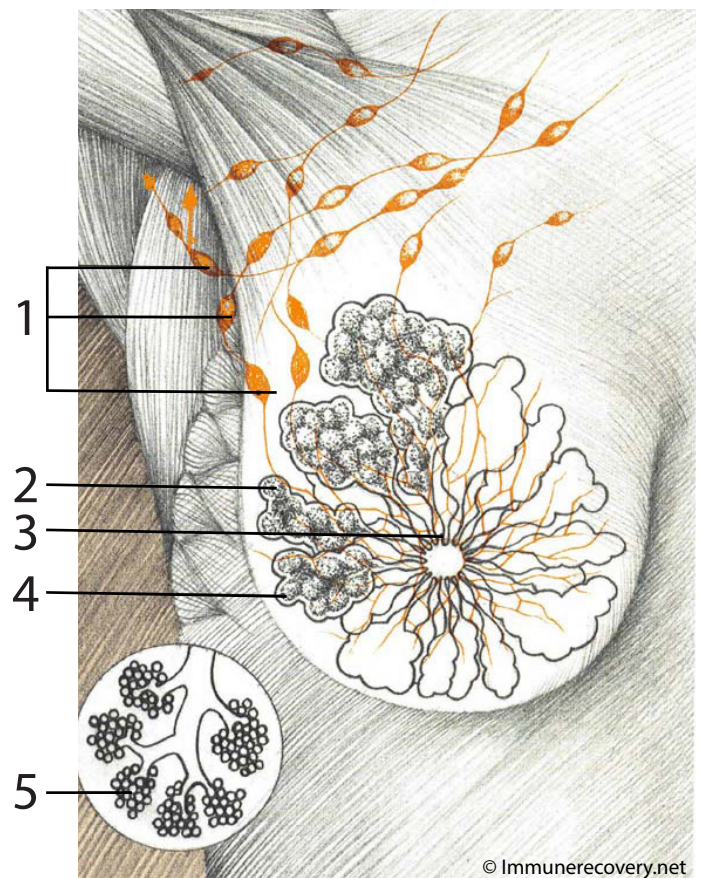
Pour mieux comprendre la lactation masculine, on peut observer la lactation chez la femme, un phénomène bien étudié. Une femme possède des seins composés de tissus adipeux et de tissus glandulaires. Les unités fonctionnelles des tissus glandulaires sont les alvéoles. Elles sont composées d'une seule couche de cellules épithéliales formant un réservoir pour le lait. Les alvéoles sont ensuite regroupées en lobes qui se connectent par des conduits allant jusqu'au pore du mamelon. Chaque sein comporte entre 15 et 20 lobes divisés en lobules contenant chacun de 10 à 100 alvéoles. Les alvéoles sont entourées de cellules myoépithéliales contractiles. Ces cellules musculaires permettent l'éjection du lait hors des lobes. Lorsqu'une personne allaite, le lait est continuellement sécrété dans les alvéoles où il est emmagasiné jusqu'à son éjection. Les alvéoles et les lobes se développent particulièrement durant la maturation sexuelle et durant la grossesse en réponse à une sécrétion d'oestrogènes. L'allaitement est possible, entre autres, grâce à l'action principale de deux autres **hormones** dans le corps qui sont la prolactine et l'ocytocine.

La **prolactine** est produite dans l'adénohypophyse, une partie du cerveau. Dans le cas des humains, la prolactine a pour rôle d'exciter les glandes présentes dans les seins pour produire le lait et les nutriments qu'il contient. Selon le sexe, cette hormone peut aussi stimuler les ovaires ou les testicules. La prolactine est surtout libérée dans le sang lorsqu'il y a une pression au niveau des seins, par exemple la succion effectuée par un bébé sur le mamelon. Toutefois, voir un bébé ayant faim et entendre ses pleurs sont aussi des stimuli qui peuvent mener à la production de prolactine.

C'EST QUOI UNE HORMONE?

Les hormones sont des protéines produites par des glandes à l'intérieur des organismes. Elles sont libérées dans le sang où elles circulent jusqu'au moment où elles se rendent à leurs cellules cibles et modifient l'activité de celles-ci. Elles peuvent reconnaître leurs sites de liaisons grâce à des récepteurs présents à la surface des cellules ou à des récepteurs intracellulaires dans le cas des hormones stéroïdiennes.

Quant à l'**ocytocine**, elle est responsable du réflexe d'éjection du lait. Elle est produite dans l'hypothalamus, une autre structure du cerveau, où elle agit sur les récepteurs des cellules contractiles des alvéoles en induisant leur contraction. Elle est surtout produite par la succion du mamelon. Ainsi, lorsqu'une personne allaite, le taux sanguin d'ocytocine augmente ponctuellement. Elle est aussi importante durant l'accouchement puisqu'elle est responsable des contractions utérines qui mènent à la sortie du bébé. Enfin, cette hormone serait liée à la sensation d'orgasme, autant chez les femmes que chez les hommes.



© Immunerecovery.net

ANATOMIE DU SEIN

1. Ganglions lymphatiques
2. Lobule
3. Canal
4. Lobe
5. Alvéole dans le lobule

CE N'EST PAS JUSTE POUR LES FEMMES ÇA?

Tout au long du développement embryonnaire et jusqu'à la puberté, il n'y a pas de différence entre les tissus formant les seins des garçons et des filles. Normalement, les seins des **hommes biologiques*** sont composés de tissu sans alvéoles développées. Par contre, les seins sont des organes plastiques. Au cours d'une vie, ils sont continuellement remodelés sous l'influence des hormones, ce qui explique pourquoi on observe la production de lait chez les mâles suite à un dérèglement hormonal. Une multitude de facteurs peuvent causer les dérèglements hormonaux, entre autres la consommation de molécules mimant la structure d'hormones, la prise de certaines drogues dures affectant la concentration sanguine en prolactine ou l'exposition aux pesticides.

PRÉCISIONS

***Hommes biologiques:**

Arriver à trouver une définition consensuelle de ce terme porte à confusion. Dans le cadre de notre article, nous entendons par homme biologique une personne née avec les chromosomes X et Y, comme c'est le cas pour la majorité des hommes.

En 2007, Scientific American rapportait un exemple historique de dérèglement hormonal. Lors de la Seconde Guerre mondiale, de nombreux prisonniers ont été affamés et leur production d'hormones a presque cessé. Ce faisant, la métabolisation de ces hormones par le foie s'est également interrompue. Lorsqu'ils ont repris une diète normale, le foie de ces prisonniers a récupéré plus lentement que leurs glandes et n'a pas éliminé assez rapidement les hormones causant la lactation. Conséquemment, bon nombre d'entre eux se sont mis à produire temporairement du lait.

Le déséquilibre hormonal serait une hypothèse plausible qui pourrait expliquer la production de lait des chauves-souris mâles. Il est possible que leur alimentation ou leur



© David D

UNE PRODUCTION PERSONNALISÉE

La fréquence à laquelle le lait est retiré des seins régule la quantité de lait produit. Ce fonctionnement par « demande » permet de répondre aux besoins de la progéniture, en s'adaptant à son appétit. Ce mécanisme permet aussi de continuer à produire du lait à long terme, processus appelé galactopoïèse. Tant que la lactation est stimulée, la prolactine est sécrétée, permettant la production de lait pendant plusieurs années.

exposition à des produits chimiques ait occasionné une perturbation de leur système endocrinien. En effet, les chauves-souris consomment des feuilles pouvant contenir des phytoestrogènes et sont exposées à des pesticides organochlorés, des substances passibles de bouleverser leur système hormonal.

POURQUOI ÇA EXISTERAIT CHEZ DES MÂLES SAINS?

Effectivement, s'il ne s'agit pas pour ces chauves-souris d'un déséquilibre hormonal, la production de lait pourrait être une **adaptation**.

Thomas Kunz, un spécialiste de l'écologie des chauves-souris, et David Hosken, un spécialiste de la sélection sexuelle ont présenté des arguments plaçant l'allaitement masculin des chauves-souris dans un contexte de sélection naturelle. Ils expliquent que les soins paternels sont des adaptations comportementales et répondent à notre question posée plus haut, à savoir pourquoi l'allaitement des mâles est si peu observé dans la nature.

En premier lieu, on observe rarement des soins paternels parce que la monogamie est rare chez les mammifères.

QU'EST-CE QU'UNE ADAPTATION?

Une adaptation est une modification héréditaire contenue dans l'ADN de l'espèce qui a été conservée par sélection naturelle parce qu'elle améliorerait la capacité à survivre et à se reproduire des ancêtres qui la portaient. Autrement dit, la capacité pour un mâle à allaiter doit être pertinente dans son contexte écologique pour être conservée par l'espèce à long terme. La sélection sexuelle est un mécanisme complémentaire à la sélection naturelle qui explique la compétition pour le « choix » de partenaires reproductifs et la présence de traits sexuels secondaires reliés à ce « choix ».



© David C. Schultz

Ne pouvant être certain de sa paternité et ayant l'opportunité de désertir durant la grossesse, le mâle se trouve souvent avantagé par la recherche de nombreuses femelles pour augmenter ses chances de reproduction. On obtient alors des mâles engagés dans une course à la reproduction qui créent un contexte de compétition. Cette compétition entraînera souvent l'apparition d'ornements ou d'armes pour rivaliser avec les autres mâles ou pour attirer les femelles. En contrepartie, pour maximiser la survie de la descendance, les femelles fournissent les soins durant la grossesse et le nourrissage. C'est pour cela qu'on peut généralement observer un dimorphisme sexuel chez les mammifères, soit des sexes aux allures et aux comportements différents.

Par contre, chez une espèce monogame, les différences entre les sexes s'amoindrissent puisque le père a plus de certitude de la paternité. Il a donc un avantage à fournir des soins à sa descendance, particulièrement



© George Grall

si sa participation augmente drastiquement les chances de survie de celle-ci. Par exemple, sans les soins continus des **manchots empereur** mâles lors de l'absence des femelles, parties se nourrir à la mer, les juvéniles seraient condamnés aux froids mordants de l'Antarctique et mourraient assurément.

LES SOINS PATERNELS

Luc-Alain Giraldeau, biologiste spécialisé en écologie comportementale, nous rappelle que la nature est pleine d'exemples de soins paternels et de nourrissage par le père. Chez beaucoup d'espèces d'oiseaux, dont les pigeons et les manchots empereurs, les deux sexes participent à la nutrition des juvéniles, en sécrétant une substance analogue au lait maternel des mammifères qu'on appelle le lait de jabot. Celui-ci est produit dans les replis de l'œsophage en réponse à la sécrétion de prolactine. Il s'agit donc d'un excellent exemple de convergence évolutive. En effet, deux contextes écologiques similaires ont créé des adaptations semblables. Il existe plusieurs exemples d'espèces animales prodiguant des soins paternels, entre autres chez les grenouilles *Mycrohylidae* de Nouvelle-Guinée, les hippocampes, et les oiseaux tel le Grand Pic.

Dans le cas des chauves-souris, leur alimentation frugivore leur donne peu accès à du calcium de telle sorte que même un faible volume de lait masculin arriverait à fournir ce nutriment, ce qui améliorerait la croissance des juvéniles. Mais la production de lait vient inéluctablement avec une régulation hormonale qui « féminise » le mâle, faisant en sorte que la lactation masculine ne pourrait probablement se produire que dans un contexte de monogamie, où la sélection ne favorise pas la différenciation des sexes. Les mâles des espèces qui développent des caractéristiques masculines



© David Bickford

pour défendre un territoire de rivaux ou de prédateurs ont donc peu de chances d'être surpris en plein allaitement. Au final, même si la lactation masculine est possible chez les mammifères, les contextes écologiques qui la favorisent sont extrêmement rares, ce qui explique pourquoi elle est si peu observée.

Nous avons déjà observé deux pistes qui justifieraient la découverte de la chauve-souris mâle lactante : le dérèglement hormonal et l'allaitement en tant qu'adaptation. Selon David Hosken, il existe une troisième hypothèse. Les mâles sécrèteraient du lait pour signaler leur potentiel génétique en tant qu'éventuels géniteurs de femelles qui auront à leur tour une production de lait abondante. Ces mâles seraient donc sélectionnés préférentiellement par les femelles pour cette caractéristique. Quoiqu'il en soit, aucune conclusion n'est possible sans étudier l'écologie comportementale de ces chauves-souris.



© Jim Renault

IMPORTANCE DU LAIT POUR LE NOURRISSON

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), le lait est le seul aliment et la seule boisson qui est recommandé de donner à un nourrisson jusqu'à l'âge de 6 mois. Par sa composition diversifiée, il répond à plusieurs fonctions qui ne sont pas remplies par le lait artificiel. En plus d'hydrater et de nourrir l'enfant, il lui transmet le microbiote de sa mère et les messagers chimiques favorables à son développement. Il transmet aussi les réponses immunitaires déjà acquises de la mère.

MÊME SI C'EST POSSIBLE POUR UN HOMME D'ALLAITER, À QUOI ÇA LUI SERVIRAIT ?

Lorsque nous l'avons rencontré, Luc-Alain Giraldeau, biologiste spécialisé en écologie comportementale à l'UQAM, nous a confié son désir de partager la tâche de l'allaitement tout au long du nourrissage de ses enfants. Selon lui, la possibilité d'allaiter aurait pu lui permettre de mieux partager les tâches avec sa conjointe.

Si des ressources similaires à celles ayant permis le développement de la pilule contraceptive moderne avaient été déployées dans la recherche afin de permettre la lactation masculine ce ne serait qu'une question de temps avant que les humains contournent une autre contrainte naturelle.



Traitement hypothétique futuriste permettant aux hommes biologiques d'altérer temporairement leur régulation endocrinienne pour allaiter.



Le Docteur cubain Joaquín Románe Lafont, pédiatre s'intéressant fortement à l'allaitement masculin pense que celui-ci est une question d'égalité de genres. Il croit que l'égalité passe par des décisions fondamentales comme le partage des tâches domestiques et des soins donnés aux enfants. Selon lui, un enfant affamé et en pleurs ne se soucie pas du genre de la personne qui le nourrit.

Quelle direction prendra l'allaitement dans le futur? Son accessibilité pourrait permettre aux hommes biologiques, peu importe leur genre ou leur orientation sexuelle, d'allaiter. Ainsi, il serait possible d'offrir cette possibilité aux couples homosexuels, aux pères monoparentaux et aux femmes transgenres. Augmenter l'accessibilité de l'allaitement permettrait aux hommes et aux femmes de choisir leur rapport à l'allaitement. Enfin, augmenter l'accessibilité de l'allaitement, c'est aussi augmenter les chances que tous les nouveau-nés puissent bénéficier des bienfaits du lait.

Sabbina Gibson, femme trans, lors de « This Body Project », un projet visant à sensibiliser à la diversité des corps humains.



« If we could only realize that the environing world is ultimately indistinguishable from ourselves, then we could enlist the powerful and reliable motive of self-interest in the effort to reverse environmental degradation and destruction »

-Naess, 1989

Remerciements

Le Point biologique n'aurait pas vu le jour sans l'implication et la motivation d'étudiantes et d'étudiants du programme de biologie puisque sa réalisation a nécessité un nombre incalculable d'heures de réunions, de planification, de recherches de subventions et de commandites, de correction et de mise en page. Toutefois, cette 11e édition de la revue ne serait pas entre vos mains aujourd'hui si ce n'avait été de nombreuses collaborations. C'est pourquoi nous tenons à remercier toutes celles et tous ceux qui ont permis à cette 11e édition de voir le jour.

Tout d'abord, un grand merci aux **auteurs et auteures** des textes qui ont fourni la matière première de la revue. Sans votre volubilité scripturale, ainsi que votre disponibilité et votre compréhension lors des processus de correction et de mise en page, ce projet n'aurait pas été possible.

Merci aux **membres du comité de sélection** qui ont lu et évalué avec soin les articles et dont les précieux commentaires ont contribué à améliorer la qualité des articles lors de la révision et de la correction. Nous vous remercions de votre temps et votre application à la tâche épineuse qu'est la sélection des meilleurs articles.

Merci aux **membres du comité** de cette 11e édition et merci aux **personnes impliquées dans les éditions passées** pour la transmission des savoirs, des conseils judicieux et de la patience infinie.

Merci à **Réjean Langlois**, conseiller à la vie étudiante de la Faculté des sciences, qui nous a maintes fois accueilli chaleureusement dans son bureau. Merci pour ton temps, tes conseils et ton appui tout au long de la réalisation du projet.

Merci à **Marie Elen Dupuis** dont l'image a été sélectionnée ainsi qu'à tous les participants du concours.

Un grand merci à nos **commanditaires**, soit l'Association étudiante du secteur des sciences, les Services à la vie étudiante, la Faculté des sciences, le Vice-rectorat à la vie académique, Parlons Sciences et le Regroupement des étudiants et étudiantes en biologie qui ont permis, par leur appui, la réalisation de ce projet.

Merci à **Fous de l'île** et à **VegNature** pour le kombucha et le fromage végane gracieusement offerts. Merci également à la **fromagerie Hamel** et à la **cidrerie Michel Jodoin** pour les commandites de fromage et de cidre. Sans vous, notre lancement n'aurait pas été aussi pétillant.

Un gros merci de la part du comité graphisme à **Stéphanie Guernon** pour toute la formation et les conseils que tu nous as procurés, toi seule à une idée de tout le temps passé à finaliser la revue.

Finalement, **merci à vous** qui tenez dans vos mains le résultat de ce dur labeur. *Le Point biologique* vous est destiné. Nous espérons que vous en apprécierez la lecture et que nous pourrons vous transmettre une part de notre passion pour la biologie et ses milles facettes.

Toute l'équipe de la 11e édition du *Point biologique*.



Cohorte 2014-2017

LE BACCALAUREAT EN BIOLOGIE

Approche pédagogique novatrice qui met
l'accent sur l'étudiant et les besoins de
formation de demain

ÉCOLOGIE

BIOLOGIE MOLÉCULAIRE ET
BIOTECHNOLOGIE

TOXICOLOGIE ET SANTÉ
ENVIRONNEMENTALE

Pour plus d'informations, communiquez
avec le module de biologie

2080, rue St-Urbain, SB-R810
Téléphone : (514) 987-3654
Courriel : moduledebiologie@uqam.ca
Site web : bio.uqam.ca

PRÉSENTÉ PAR LES FINISSANT-ES DU BACCALAURÉAT EN
BIOLOGIE EN APPRENTISSAGE PAR PROBLÈMES DE L'UQÀM