

# LE POINT BIOLOGIQUE

9<sup>e</sup> édition 2015

**DÉGEL DES VIRUS GÉANTS**  
préhistoriques

**VIVANT SUR MESURE**  
promesse ou dérive ?

**LES PUNAISES**  
s'invitent au lit !

Jours de  
**MARÉE NOIRE**

**L'OMNIVORIE**  
humaine

**L'HOMME A-T-IL CESSÉ  
D'ÉVOLUER ?**

*Présenté par les finissant-es du baccalauréat en biologie en  
apprentissage par problèmes de l'UQAM*

## ◀ EN COUVERTURE

La photo de couverture représente des grains de pollen qui ont été recueillis sur la patte d'une abeille. C'est une superposition d'une centaine de photos prises en microscopie confocale à fluorescence par Denis Flipo, agent de recherche à l'Université du Québec à Montréal (UQAM).

### LE POINT BIOLOGIQUE

Édité par le regroupement des étudiants-es en sciences biologiques de l'Université du Québec à Montréal (RÉÉBUQAM)

141 Président-Kennedy, local SB-R230  
Téléphone : 514-987-3000 poste 4152  
Courriel : reebuqam@gmail.com

**Rédactrice en chef :**  
Roxanne Richard

**Rédacteur en chef adjoint :**  
Evick Mestre

**Coordination et de communication :**  
Kevin Gayout, Mellisha Richard Dawe, Samantha McBeth

**Auteurs-es :**  
Arnaud Anselme, Karina Gisèle Mac Si Hone, Julie Pommainville, Mathilde Poulin, Roxanne Richard, Evick Mestre, Kevin Gayout, Karelle Desrosiers, Joëlle Brousseau, Pierre-Paul Gallant, Jonathan Naoum, Mellisha Richard Dawe, Béatrice Dupont-Fortin, Gabriel Jean, Gabriel Lanthier, Christophe Leblanc, Samantha McBeth, Émilie Boulay, Antonin St-Jean, Jérôme Bernier, Emilie Beauvais, Isabelle Cloutier, Mari-Ève Lindsay, Lydia Simard.

**Comité de pré-sélection :**  
Alexandre Bourassa, Stéphane Barriault, Clément Caté, Laurine Denoyelle, Mareva Leboucher, Chloé Nguyen, Tatiana Cardinal, Emilie Lape, Sabri Rial, Geneviève Grenier, Véronique Gaudreault

**Comité de sélection :**  
Serge Moore — *Superviseur, laboratoire de chimie organique; Direction des Sciences et de la Technologie de l'eau; Environnement Canada*  
Claire Lépine — *Agente de programmes éducatif. Biodôme de Montréal/Espace pour la vie*  
Louis Lazure — *Biologiste; Coordonateur, Recherche et Conservation au Zoo de Granby*  
Frédérique Pellerin Catellier — *Chargée de projets et consultante en environnement*  
Isabelle Guay — *B.s. Biologie UQTR*  
Isabelle Picard — *Biologiste spécialisée en Faune aquatique*

**Révision linguistique et de correction :**  
Joëlle Brousseau, Monica Monllor, Élodie Larouche, Béatrice Dupont-Fortin

**Graphisme et mise en page :**  
Gabriel Lanthier, Karelle Desrosiers, Pierre-Paul Gallant

**Lancement :**  
Béatrice Carrier, Émile Doyon

**Encadrement professoral :**  
Catherine Mounier et Pedro Peres-Neto

**Autres collaborateur-trices :**  
Marc-Olivier Beausoleil, Diane Careau, Catherine Petel-Langevin, Michel Tremblay

**En couverture :**  
Diversité de pollen  
© Denis Flipo

**Publicité :**  
Patrick Nadeau

**Impression :**  
Repro-UQAM

ISSN : 1913-2697

Les textes publiés dans cette revue peuvent être reproduits, copiés, distribués ou modifiés pourvu que l'on fasse mention de la source. Par contre, les images ne peuvent pas être reproduites ou redistribuées.

Copyright Avril 2015

Pour contacter l'équipe de la revue :  
[lepointbiologiqueuqam@gmail.com](mailto:lepointbiologiqueuqam@gmail.com)



# LE JARDIN RÉJEAN-FORTIN...

« La cour intérieure du pavillon des Sciences biologiques recèle dans un écrin de verre et de maçonnerie un jardin intimiste au dessin de fleurs de magnolias surdimensionné. Des lits de plantations emplies de plantes vivaces colorées empruntent la forme de pétales et le déploiement des branches d'arbres au centre rappelle les étamines. Ces formes sont facilement identifiables à partir des étages supérieurs du pavillon, dont les corridors généreusement vitrés de la façade intérieure autorisent une vue plongeante, comme si l'on se penchait sur un microscope »

— Archives UQAM



# **... SUR LE CHEMIN DE LA CONNAISSANCE**

On peut imaginer les étamines représentées par les arbres du jardin Réjean-Fortin comme un symbole de partage des connaissances.

Le pollen, produit dans les étamines, contient l'information génétique qui est propagée au grès du vent et du butinage des abeilles. Cette propagation permet la formation de nouvelles fleurs, tout comme la diffusion du savoir permet de faire germer de grandes idées au sein de nos sociétés.



# Le .BIO | COMITÉ 2015

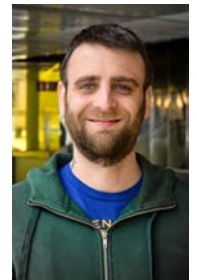


**Mot de la rédactrice** *Le Point biologique* est le reflet de plusieurs années d'apprentissage et de persévérance. Cette revue de vulgarisation met en pratique les habiletés acquises par les étudiants tout au long de leur parcours et reflète notre souci du partage des connaissances. Nous vous informons sur des sujets d'actualités importants à nos yeux. De plus, le libre choix des sujets vous permet de connaître les préoccupations des futurs biologistes que nous sommes.

La réalisation de cette revue est un tremplin académique qui encourage les étudiants à se dépasser. Ce projet d'envergure démontre notre passion pour l'observation et l'étude de la vie dans l'infinie variété de ses modes d'expression.

*Le Point biologique* est une voix d'expression et de créativité pour les étudiants de l'UQAM. C'est également un pas vers la transmission du savoir et vous contribuez à compléter ce partage en tenant cette revue dans vos mains.

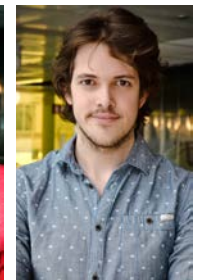
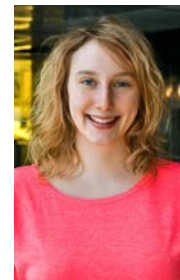
Roxanne Richard, *rédactrice en chef*



Evick Mestre  
Rédacteur en chef adjoint



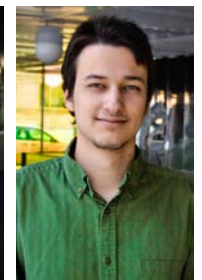
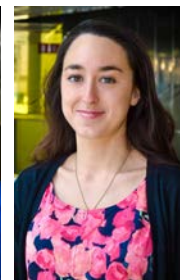
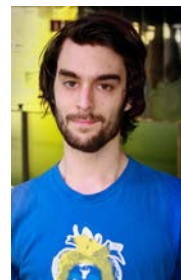
Kevin Gayout, Mellisha Richard Dawe, Samantha McBeth  
Comité de coordination et de communication



Béatrice Carrier, Émile Doyon  
Comité de lancement



Joëlle Brousseau, Monica Monllor, Élodie Larouche, Béatrice Dupont-Fortin  
Comité de révision linguistique et de correction



Gabriel Lanthier, Karelle Desrosiers, Pierre-Paul Gallant  
Comité de graphisme et de mise en page



## Le .BIO | SOMMAIRE

- 3 Dégel des virus géants préhistoriques : un danger pour la santé ?
- 7 Les punaises s'invitent au lit !
- 12 L'Homme a-t-il cessé d'évoluer ?
- 17 L'omnivorie humaine : nécessité ou héritage évolutif ?
- 22 Jours de marée noire
- 27 Vivant sur mesure : promesse ou dérive ?





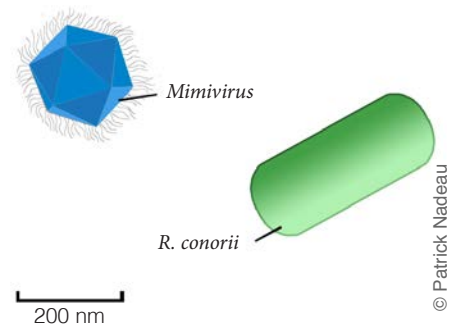
© K. Piel

# DÉGEL DES VIRUS GÉANTS PRÉHISTORIQUES :

## un danger pour la santé ?

**Joëlle Brousseau, Mellisha Richard Dawe,  
Pierre-Paul Gallant, Jonathan Naoum**

Le processus de déglaciation du pergélisol pourrait relâcher des virus préhistoriques précédemment inconnus tels que le virus géant appelé Pithovirus. La réactivation du virus est préoccupante puisqu'il s'est montré capable d'infecter des cellules animales après 30 000 ans de dormance dans le pergélisol. Les scientifiques effectuant des recherches en Sibérie s'entendent pour dire que le pergélisol reprend vie !



© Patrick Nadeau

Comparaison entre la taille du virus géant *Mimivirus* et celle de la bactérie *Rickettsia conorii*.

### À LA DÉCOUVERTE DE VIRUS GÉANTS DANS LE PERGÉLISOL DE SIBÉRIE

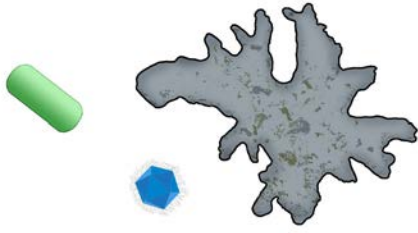


© Julia Baróli

Virus géant *Pithovirus*. Ce virus a été ressuscité après avoir été conservé dans les profondeurs du pergélisol pendant plus de 30 000 ans.

Contrairement aux bactéries, les virus sont invisibles au microscope puisqu'ils possèdent une taille moyenne au moins 100 fois inférieure. Toutefois, il existe un type de virus suffisamment imposant pour être visible au microscope, les **virus géants**, dont la taille est comparable à celle des bactéries. La découverte des virus géants est récente. En 2003, tout a débuté par l'isolation du *Mimivirus* par l'équipe de recherche du Docteur Didier Raoult du laboratoire de recherche sur les maladies infectieuses et tropicales émergentes du Centre national de la recherche scientifique (CNRS) de Marseille. Cette découverte a été faite en collaboration

avec l'équipe de Jean-Michel Claverie, directeur du laboratoire d'Information Génomique et Structurale de Marseille. Le *Mimivirus* a été repéré dans des amibes, animaux microscopiques constitués d'une seule cellule mobile qui ont été retrouvés dans les conduits de refroidissement d'eau du système de climatisation de l'hôpital de Bradford au Royaume-Uni alors qu'il y avait une importante épidémie de pneumonie. Puisqu'il est trompeur de croiser sur son chemin une entité de la même taille que son repas habituel, les amibes, qui se nourrissent normalement de bactéries, confondent les virus géants avec des bactéries et les ingèrent, devenant ainsi infectées.



© Patrick Nadeau

Le nom du *Mimivirus* a été inspiré par sa capacité à imiter la bactérie. De par sa grande taille, l'amibe (gris) confond le virus géant (bleu) avec son repas habituel (vert). Une fois ingéré, le virus prend possession de son hôte et s'y réplique.



© National academy of sciences

Plante ancienne régénérée à partir d'une graine vieille de 32 000 ans

De prime abord, Didier Raoult et Jean-Michel Claverie croyaient que l'amibe isolée du conduit de refroidissement d'eau de l'hôpital avait ingéré une nouvelle espèce bactérienne, mais les analyses génétiques ont révélé qu'il s'agissait plutôt d'un virus de taille immense possédant plusieurs similitudes avec les bactéries. Son génome (ADN) compte plus de mille gènes dont une trentaine n'est habituellement présente que chez les organismes cellulaires. Comme les auteurs l'ont indiqué dans cette étude : « Par la taille des particules virales, par la taille de son génome et par la présence de protéines considérées comme propres aux organismes cellulaires, les *Mimivirus* bousculent notre définition de ce qu'est un

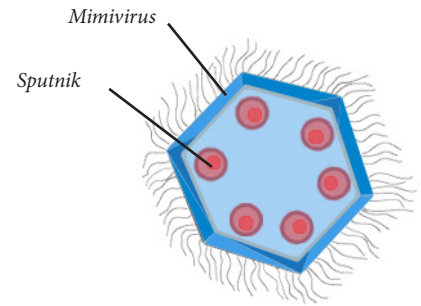
## Virophage

Les virus géants *Mimivirus* et *Mamavirus* sont susceptibles d'être infectés par le virophage appelé *Sputnik*. L'étude du mode d'infection de *Sputnik* a révélé que ce virophage ne fait pas qu'utiliser les virus géants pour se répliquer, mais il entrave le taux de réplication du virus hôte. En effet, Jean-Michel Claverie a remarqué que lorsque des amibes étaient co-infectées par *Mamavirus* et *Sputnik*, le *Mamavirus* produisait moins de particules virales que lorsque les amibes étaient uniquement infectées par celui-ci. Cette récente découverte laisse croire que les virus, jusqu'à maintenant considérés comme des entités non vivantes, sont en fait vivants. Jean-Michel Claverie explique que : « Le fait que les virus peuvent être malades les rend encore plus vivants ».

*virus et brouillent les frontières entre virus et bactéries parasites* ». Cinq ans après la découverte du *Mimivirus*, le monde scientifique a été encore une fois ébranlé par la découverte d'un nouveau virus géant : le *Mamavirus*. Cette avancée scientifique a permis de détecter des virus qui infectent d'autres virus : des virophages. Une véritable révolution dans le domaine de la virologie!

Ce n'est que tout récemment, en mars 2014, que l'équipe de Chantal Abergel du Centre national de la recherche scientifique de Marseille a annoncé à la communauté scientifique la réactivation d'un nouveau type de virus géant, le *Pithovirus*, qui est resté conservé sous forme inactive durant plus de 30 000 ans. Chantal Abergel s'est inspirée des travaux de David Gilichinsky de l'Institut de biophysique cellulaire de l'Académie des sciences de la Russie. Le Docteur Gilichinsky a découvert une graine de plante vieille de 32 000 ans à 125 pieds de profondeur dans le pergélisol sibérien et a réussi à la faire germer. « On a pensé que s'ils avaient réussi à redonner vie à une plante, nous pourrions peut-être faire la même chose avec un virus », nous explique Chantal Abergel.

L'équipe de Chantal Abergel s'est donc inspirée de ces résultats et s'est demandée si les virus pouvaient également rester infectieux pendant tout ce temps. En iso-



© Patrick Nadeau

lant les micro-organismes d'une carotte de glace prélevée en Sibérie, l'équipe est non seulement parvenue à réactiver un virus, mais elle a découvert une nouvelle espèce de virus géant : le *Pithovirus*. Ce virus géant était enfoui à une trentaine de mètres de profondeur dans le pergélisol, indiquant son âge ancien. Pour l'isoler, les scientifiques ont mis la terre du pergélisol en contact avec une culture cellulaire d'amibes. Les amibes présentant une infection ont été isolées. Une fois que les virus se sont multipliés dans l'amibe, la pression des nombreux virus a provoqué la perforation de la cellule. Le *Pithovirus* a alors pu être isolé et son identité déterminée par analyse génétique.

## Qu'est-ce qu'un génome ?

Un génome est l'ensemble des instructions pour construire, diriger et maintenir un organisme en plus de permettre la transmission de ses informations aux générations futures. Toutes les caractéristiques d'un individu, comme le groupe sanguin ou la couleur des yeux, proviennent de l'expression de gènes, qui sont présents dans l'ADN sous forme de code. Le principe est le même pour les virus. Les caractéristiques des virus, telles que leur capacité à infecter et les hôtes qu'ils peuvent parasiter, dépendent de leur génome qui est transmis à leurs progénitures.



© Gregory Sciolluna

Chantal Abergel, chercheuse en virologie environnementale



L'étude de son génome et de son cycle de réplication montre des similitudes avec des virus pathogènes pour les animaux ou pour l'humain. En effet, le processus de réplication du *Pithovirus* ressemble beaucoup à celui du virus de la variole. Cela laisse penser que des virus éradiqués peuvent ressurgir des sols congelés et infecter l'humain à nouveau. L'équipe est actuellement en train de prélever des échantillons de pergélisol à des profondeurs encore plus importantes afin d'y trouver des virus encore plus anciens.

## DES VIRUS PEUVENT SURVIVRE DANS LA GLACE

Grâce aux recherches du Docteur Dany Shoham, effectuées au laboratoire de zoonoses à l'Université Kitasato au Japon, on sait que le risque que des virus dangereux puissent réapparaître après avoir été préservés durant de longues périodes de temps dans la glace n'est pas purement théorique. Son équipe a démontré que le virus de la grippe aviaire était capable de survivre dans les lacs gelés. Pour ce faire, l'équipe a d'abord détecté la présence du virus de la grippe aviaire dans l'eau de lacs de la Sibérie, puis elle a ensuite congelé des échantillons d'eau contenant le virus et dégelé une partie des échantillons congelés chaque mois pour constater si les virus étaient encore capables d'infecter des cellules d'oiseaux. Selon le Docteur Shoham, les oiseaux aquatiques infectés par le virus de la grippe aviaire vont relâcher une grande quantité de virus dans les lacs par l'entremise de leurs excréments. Le virus peut alors infecter d'autres oiseaux se déposant sur le lac ou s'y abreuvent. Les recherches de son équipe ont démontré que si la température d'un lac passe en dessous du point de congélation, le virus de la grippe reste intact, même si plusieurs mois ou années s'écoulent avant le dégel du lac. Les lacs gelés servent donc de réservoir aux virus de la grippe aviaire. Bien que le virus de la grippe aviaire ne soit généralement pas dangereux pour les oiseaux, il peut l'être pour les mammifères tels que les humains.

## Des virus adaptés au froid

Les lacs gelés et les glaciers des régions de l'Antarctique et de l'Arctique sont des lieux de préservation naturels des virus pouvant parasiter des bactéries aquatiques et des algues adaptées au froid. Par exemple, le virus de la grippe peut demeurer fonctionnel même après avoir été gelé plus d'une décennie dans les lacs polaires ou de haute altitude. Des scientifiques ont étudié la viabilité et la persistance du virus de la grippe aviaire dans plusieurs environnements d'eau glacée. Ils ont remarqué que le virus était à la fois adapté à la température corporelle de ses hôtes mammifères et oiseaux (37 °C à 41 °C), mais aussi aux températures des lacs gelés (-54 °C). Cette capacité à résister aux basses températures peut être attribuée à l'enveloppe lipidique qui entoure le virus. Il en serait de même pour le *Pithovirus* qui possède une enveloppe lipidique pouvant le protéger contre le gel.



© Patrick Nac

La plupart des virus ne survivent pas au gel, mais d'autres, comme le virus de la grippe et le *Pithovirus*, sont bien adaptés au froid. En plus de ces propriétés de cryoadaptation, le pergélisol est un environnement propice à la conservation des microorganismes puisque le pH du sol est neutre, la tourbe qui le tapisse rend le sol pauvre en oxygène et les protège des rayons UV. Le virus est donc protégé contre la dégradation. Ces recherches démontrent donc que des virus dangereux peuvent être préservés à des températures en dessous du point de congélation.

## D'AUTRES VIRUS ANCESTRAUX ONT ÉTÉ DÉCOUVERTS

Tout récemment, une équipe de scientifiques de l'Université de Californie dirigée par le Docteur Terry Fei Fan Ng a découvert deux autres virus qui ont été enfouis pendant 700 ans dans les excréments de caribous gelés. Son équipe est partie à la recherche de virus dans

les excréments gelés suite à la découverte d'autres virus congelés dans le pergélisol, notamment la découverte du *Pithovirus* mentionnée précédemment. Les chercheurs ont prélevé des échantillons d'excréments de caribous vieux de 700 à 4500 ans qui étaient enfouis dans le pergélisol canadien. Ils ont ensuite été capables d'identifier ces virus anciens en les comparant aux virus contemporains. Il s'agirait d'ancêtres de virus modernes qui seraient capables d'infecter les plantes et les insectes. Son équipe a ensuite infecté des plantes avec le premier des deux virus isolés et a constaté que le virus était capable de se répliquer à l'intérieur de cellules végétales. Ce virus ne causait toutefois pas l'apparition de maladies et n'était pas capable de se propager à d'autres plantes. Cela signifie peut-être que les virus anciens n'ont pas la capacité de causer la maladie chez les hôtes modernes. Toutefois, le Docteur Terry Fei Fan Ng souligne que les virus infectant les plantes situées dans les zones subarctiques sont méconnus et qu'il y a une possibilité que des virus pouvant infecter des plantes ou des insectes soient libérés à mesure que les glaces fondent sous l'effet des changements climatiques contemporains.

D'autres études récentes rapportent la détection des génomes de virus anciens retrouvés dans les sédiments datant de 7 000 ans de la mer Noire ainsi que dans la glace du Groenland datant de 140 000 ans, mais leur viabilité n'a pas été étudiée. Le *Pithovirus* serait alors le plus ancien virus infectant des cellules animales connu à ce jour.

## VIRUS PRÉHISTORIQUES, DANGEREUX POUR L'HOMME ?

Une étude réalisée par Jean-Michel Claverie démontre que les virus géants sont tous d'origine ancestrale et auraient évolué en adoptant des caractéristiques similaires aux bactéries. Leur taille importante et leur complexité découleraient de cette évolution parallèle qui aurait doté ces virus d'un génome codant

## Un virus est-il vivant ?

Contrairement aux bactéries qui peuvent se multiplier par elles-mêmes, les virus ont besoin d'infecter des êtres vivants pour se multiplier. À l'extérieur de leurs hôtes, les virus prennent une forme complètement inerte appelée virion. Après avoir pénétré dans une cellule de l'hôte, le virus prend en otage la machinerie cellulaire de manière à transformer la cellule en une usine à virions. L'incapacité des virus à se reproduire seuls ainsi que leur absence de métabolisme hors d'un hôte est la cause d'un débat dans le monde scientifique qui vise à déterminer si un virus est bel et bien un organisme vivant. La question n'est toujours pas réglée à ce jour.

une grande quantité de gènes. Les virus communs, comme le virus de la grippe, comportent qu'une dizaine de gènes et arrivent à infecter un large spectre d'hôtes (humains, oiseaux, porcs). Cela permet de supposer, selon Didier Raoult, que la taille gigantesque du matériel génétique des virus géants a la capacité de s'adapter à une plus grande variété d'hôtes dont pourraient faire partie les humains.

Heureusement, la plupart des virus géants découverts à ce jour ne s'attaquent qu'aux amibes. Par contre, les amibes ressemblent beaucoup aux globules blancs impliqués dans l'immunité des humains. En effet, les deux chassent, englobent et digèrent les bactéries par le même procédé. Toutefois, certains pathogènes réussissent à ne pas se faire digérer par les amibes. Selon Didier Raoult : « *Si une bactérie [ou un virus] peut survivre à une amibe, elle est potentiellement armée pour résister aux macrophages [globules blancs]. C'est donc un pathogène potentiel* ». Il affirme également que « *plusieurs études montrent un lien entre des pneumonies et la présence de Mimivirus chez des patients* ». Effectivement, suite à l'épidémie de pneumonie qui a permis la découverte du *Mimivirus*, Didier Raoult a démontré en 2007 qu'en infectant des souris avec ce dernier, celles-ci développaient la pneumonie. Ensuite, l'infection des globules blancs par le *Mimivirus* a été vérifiée en 2008 et suivie, cinq ans plus tard, par la confirmation de la présence de celui-ci dans les poumons d'une patiente atteinte de la maladie.

En ce qui concerne le *Pithovirus*, un test d'infection des globules blancs, effectué par Chantal Abergel, a démontré que le *Pithovirus* n'est pas dangereux pour l'humain. Le professeur Jean-Michel Claverie soulève tout de même des inquiétudes face à la possibilité que d'autres virus anciens encore inconnus puissent avoir la capacité, comme le *Pithovirus*, de se réactiver et de redevenir infectieux après des millions d'années de dormance. De plus, un rapport publié par le professeur Claverie et Chantal Abergel suggère que le réchauffement climatique ne serait pas le seul responsable de la libération de ces pathogènes, mais que les différentes activités industrielles minières et de forage pétrolier qui se déroulent dans les régions polaires seraient aussi en cause.

## LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, UN FACTEUR À CONSIDÉRER

La moyenne de température a augmenté d'environ 0,7 degré Celsius depuis les 100 dernières années et devrait encore s'élever de 0,3 à 4,8 degrés Celsius d'ici 2100, selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Les conséquences de cette hausse entraîneront une diminution jusqu'à 80 % de la superficie du pergélisol représentant environ 25 millions de km<sup>2</sup> de sol gelé. Cette situation est préoccupante puisque le pergélisol renferme des gaz à effet de serre pouvant aggraver le réchauffement global de manière significative. Le pergélisol s'étant formé pendant la dernière période glaciaire, ce sol contient des organismes anciens qui s'y sont logés.

De plus, l'augmentation de la température oblige les animaux et les insectes porteurs de virus à migrer dans les régions présentant les meilleures conditions à leur survie. Par exemple, le Québec était auparavant protégé contre les porteurs de maladies tropicales grâce à son climat très froid. Justement depuis 2002, des cas jamais observés auparavant de la maladie du virus du Nil ont été recensés au Québec. Cette province se retrouve potentiellement exposée à plusieurs nouvelles

sources virales puisque ce phénomène de migration des maladies tropicales couplé au dégel de virus ancestraux ne fait que s'accroître. Les changements climatiques participent alors à la libération et à la migration potentielle de virus infectieux pour l'Homme. Aussi, la réémergence de virus pouvant bouleverser un des maillons de la chaîne alimentaire est une autre conséquence possible à envisager lorsque l'on songe aux effets des changements climatiques. La récente découverte des virus géants ancestraux soulève de nombreuses pistes de recherche, notamment sur leur capacité d'infection et leur énorme bagage génétique qui n'ont pas encore été totalement explorés. Ils ne représentent toutefois probablement pas un risque important pour la santé humaine puisqu'un seul virus géant a été associé avec le développement d'une maladie chez l'humain. Par contre, la découverte d'un virus aussi ancien que le *Pithovirus* soulève des préoccupations puisqu'il est capable d'infecter son hôte suite à sa réactivation.

En somme, l'étude des virus ancestraux a soulevé beaucoup d'inquiétudes face à leur capacité de résurrection suite à une longue période de dormance. De plus, les préoccupations par rapport à la libération de virus inconnus sont exacerbées par l'expansion des projets d'exploration minière et pétrolière ainsi que par la menace du réchauffement climatique. En effet, malgré l'absence de danger visible et immédiat, il est nécessaire d'accorder une importance toute particulière à ce sujet afin de s'assurer et de se munir de tous les outils nécessaires pour combattre les dommages associés à une éventuelle propagation. ■







# LES PUNAISES S'INVITENT AU LIT!

*Emilie Beauvais, Isabelle Cloutier,  
Mari-Ève Lindsay, Lydia Simard*

*Les punaises de lit sont un vrai cauchemar pour tous les gens qui en subissent l'infestation. Elles se reproduisent à une vitesse phénoménale et elles se dispersent avec une facilité hors du commun. Pour y remédier, plusieurs techniques d'éradication existent et constituent une rude épreuve physique et morale pour les gens concernés. Or, il est nécessaire de comprendre l'importance de bien traiter une infestation afin d'éviter d'entraîner des complications majeures.*

**T**out le monde a déjà, de près ou de loin, été spectateur d'une infestation d'insectes par des coquerelles, des fourmis, des mouches, ou encore des punaises de lit. Ces petits insectes qui se cachent dans nos matelas et nos draps surgissent la nuit pour se délecter de notre sang! Ces bestioles sont généralement mal connues par le public et pourtant, elles envahissent nos maisons depuis l'antiquité.

Malheureusement, lorsque les punaises de lit s'établissent dans un lieu, elles peuvent causer bien des dommages matériels et psychologiques. Monsieur Gilles Trudel l'a appris à ses dépens lorsqu'il a constaté, au mois de septembre 2014, que la résidence pour personnes âgées où il travaille en était infestée. Employé comme directeur de maintenance dans

cet établissement nouvellement inauguré, monsieur Trudel effectuait une installation dans l'appartement d'un bénéficiaire lorsqu'il en aperçut quelques-unes sur le lit.

## LA PROPAGATION DE LA PUNAISE

Ces créatures sournoises se cachent pendant le jour dans divers endroits d'une résidence, tels que les meubles, les matelas, la literie et les autres recoins sombres et étroits. Les déménagements et la récupération de vieux meubles sont des événements idéaux pour transmettre ou recevoir des punaises de lit à la maison! Ghislain Choinière, un exterminateur travaillant au sein d'A-Z Extermination,



© Tod Browning

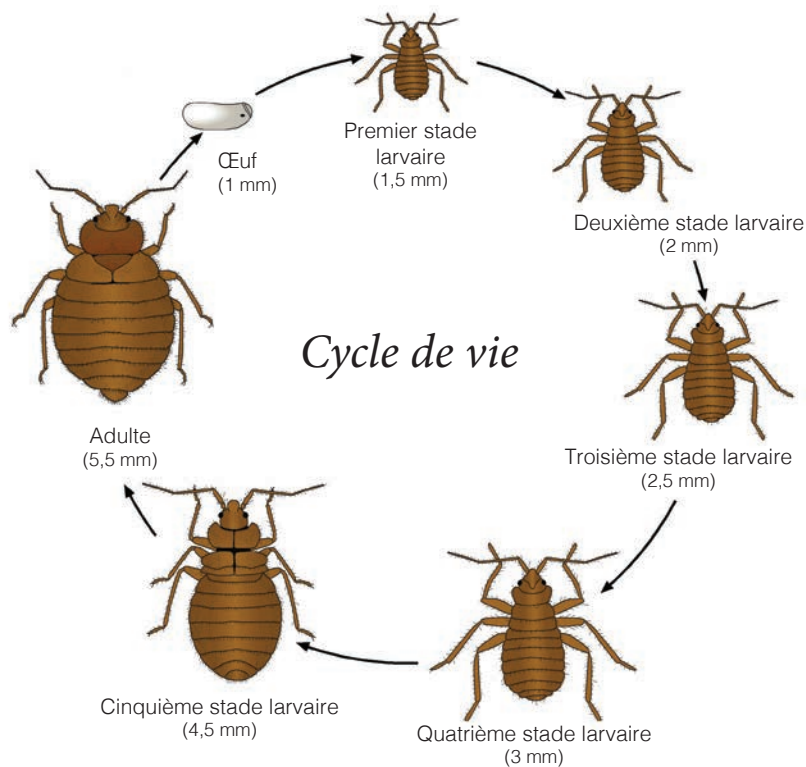
une compagnie dont la clientèle est en majeure partie située sur la Rive-Sud de Montréal, confirme que la période de l'année où il est le plus contacté pour des problèmes d'infestation de punaises est celle suivant la période des déménagements. Les infestations de punaises sont selon lui, beaucoup plus fréquentes dans les immeubles à logements et dans les commerces que dans les maisons. Ainsi, il n'est pas surprenant que Gilles Trudel ait découvert une infestation dans cette nouvelle résidence pour personnes âgées. Selon monsieur Choinière, les problèmes d'infestations par ces parasites ne sont pas liés à la malpropreté des lieux, mais plutôt à la malchance de se retrouver dans des endroits contaminés et de rapporter quelques punaises chez soi ou chez notre hôte.

Certaines habitudes de vie peuvent favoriser la propagation de cet insecte, comme la surpopulation dans les propriétés résidentielles ou les voyages à l'étranger. De plus, une diminution de la conscientisation des gens face à la présence et la propagation de ces punaises empêche de résoudre le problème. Les méthodes de contrôle sont souvent inefficaces, et peuvent entraîner des infestations plus persistantes et plus abondantes. En effet, certaines méthodes permettent aux punaises de lit les plus fortes de survivre pour se propager à nouveau.

Monsieur Trudel a d'ailleurs été témoin de cette problématique, suite à une mauvaise gestion de l'infestation par les propriétaires de la résidence. Seuls les appartements contaminés ont été visités par un exterminateur et traités aux insecticides. De plus, seuls les draps et vêtements des bénéficiaires affectés ont subi un traitement mécanique. Or, comme le soutient monsieur Choinière, la totalité de l'immeuble aurait dû être traitée. Ainsi, au grand désespoir des bénéficiaires, le problème a tôt fait de se répandre à la grandeur de la salle de lavage et sur les étages supérieurs. Le fait de rapporter un seul individu peut entraîner une infestation, car les femelles ont un rythme de ponte de 5 à 15 œufs par jour pour un total de 200 à 500 œufs au cours de leur vie. Elles pondent 3 à 10 jours suite à la fécondation et les œufs prennent de 7 à 15 jours avant d'éclore.



© bedbugtreatment.com



© Scott Charlesworth

À une température de 30 °C, leur cycle de vie dure 21 jours tandis qu'à une température de 18 °C, leur cycle de vie dure 120 jours.

## LES PIQÛRES DE PUNAISES

Selon un article du journal international d'entomologie *Insects*, les punaises de lit ont besoin de se nourrir de sang pour croître et se reproduire. En effet, ce sont des hématophages, c'est-à-dire qu'elles consomment le sang de leurs hôtes afin d'obtenir des éléments nutritifs tels que des protéines. Elles s'alimentent, selon l'espèce, sur des oiseaux, des chauves-souris ou des humains.

Les punaises peuvent se déplacer jusqu'à six mètres, aller-retour, pour venir se nourrir la nuit. Elles reconnaissent leur hôte grâce à la perception des vibrations, de la chaleur, des odeurs et du gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) qu'il dégage. Au début d'une infestation, elles vont généralement piquer un seul hôte tandis qu'elles peuvent en piquer plusieurs si l'infestation se répand. Ces hématophages se nourrissent grâce à un stylet situé au niveau de leur mandibule. Celui-ci

transperce la peau puis le sang est instantanément absorbé et redirigé vers le reste du système digestif de l'insecte.

Les punaises se nourrissent tous les 3 à 15 jours, et ce, pendant notre sommeil. Leurs repas durent de 10 à 20 minutes selon leur stade de développement. Cependant, lors d'une infestation importante, celles-ci n'attendent pas notre sommeil pour faire irruption. Il n'est donc pas étonnant que, dans le cas de Gilles Trudel, les punaises sortent en plein jour pour se nourrir sur plusieurs hôtes.

Un article publié par la revue *Medical and Veterinary Entomology* décrit que les piqûres des punaises de lit se manifestent par des cloques sur la peau. Elles sont souvent alignées les unes à la suite des autres pour un total de 3 à 5 cloques. Cet alignement est causé par le déplacement de la punaise lors de son repas. Elle pique à plusieurs reprises jusqu'à satiété.



## Accouplement

Selon l'entomologiste Taz Stuart, l'accouplement de la punaise de lit a lieu par une « insémination traumatique » du sperme du mâle dans la femelle. L'appareil génital du mâle est fait en forme d'aiguille et sert à transpercer l'abdomen de la femelle. La structure interne de la femelle a pour rôle de recueillir et de drainer les spermatozoïdes jusqu'à une zone de stockage et de concentration. Le traumatisme causé par cet acte est responsable de la forte mortalité des femelles.



© Rickard Ignell

Les piqûres peuvent provoquer une rougeur et/ou une démangeaison de la zone affectée. Ces réactions sont causées par leur salive, qui contient des toxines (un anticoagulant et un analgésiant) qui facilitent la consommation du sang. Toutes les parties du corps humain sont susceptibles d'être piquées, mais les bras sont les membres les plus ciblés, puisqu'ils sont en général les plus faciles d'accès durant le sommeil. S'il y a un grattage intensif, les plaies peuvent s'infecter via les bactéries présentes sur les mains.



© Absolute Bedbug Control

Monsieur Trudel a d'ailleurs remarqué un nombre incommensurable de piqûres sur les personnes âgées de la résidence, sur lui-même ainsi que sur ses collègues de travail. Certains bénéficiaires ont subi de grosses attaques par les punaises, puisqu'elles avaient trouvé le moyen de se cacher dans leurs triporteurs.

Les marques disparaissent après environ 2 semaines et heureusement, aucune transmission de maladie n'est connue jusqu'à ce jour. Le risque demeure minime, car les punaises piquent les gens qui se trouvent dans un endroit circonscrit. Ainsi, il faudrait être très malchanceux pour se faire piquer par une punaise ayant pris son précédent repas sur une personne malade.

## MÉTHODES D'INSPECTION

Bien qu'une infestation de punaises de lit puisse facilement devenir hors de contrôle, plusieurs méthodes de prévention existent afin de freiner l'expansion d'une population de punaises dès son éclosion. Selon monsieur Choinière, une simple observation visuelle permet de détecter leur présence. Il suffit de chercher ces petits insectes brunâtres ainsi que les excréments qu'ils laissent derrière eux. Ceux-ci correspondent à des taches brunâtres anormales souvent situées dans les draps et dans les fissures du matelas. Les différents traitements



© detection-punaise.com

## Le saviez-vous ?

La punaise de lit peut vivre jusqu'à un an et demi, voire deux ans sans se nourrir. En effet, si les conditions telles que la température et l'abri sont optimales, elle peut se mettre en dormance afin d'attendre la venue de son prochain repas.

pourront donc être centralisés dans ces endroits, mais il est toutefois important, comme mentionné auparavant, de traiter la totalité du milieu contaminé.

Il faut également demeurer vigilant à toutes nouvelles piqûres d'insectes suspects afin d'évaluer s'il y a présence de ces parasites dans notre maison. Il est possible d'utiliser un chien renifleur pour la mise en évidence de leur présence et cela, même quand l'infestation est de seulement 10 individus. Ils sont très pratiques et possèdent une précision d'environ 98 %. Or, cette méthode d'inspection est très coûteuse et n'est pas disponible dans toutes les entreprises d'extermination puisqu'il est compliqué de dresser une patrouille canine.

## Un peu d'histoire !

Durant l'Empire romain, les punaises de lit arrivaient par bateau, cachées dans les recoins. Les gens n'avaient d'autres choix que de vivre avec les infestations. Elles étaient même utilisées comme ingrédient d'antidote servant à traiter les morsures de serpent !

Au cours des années 1730 et 1740, les punaises de lit sont devenues un problème dérangent, au même titre que les rats et les moustiques. Afin de limiter les piqûres, les gens dormaient sur des lits faits en bois de sassafras, un arbre, dont la forte odeur a un effet répulsif sur les insectes hématophages. Ils aspergeaient les fissures d'eau, d'arsenic et de soufre, mais cette méthode n'était efficace que temporairement.

Au milieu des années 1800, les familles fortunées arrivaient à les éliminer en engageant des employés qui démontraient les lits, rinçaient les lattes, les sommiers et les fissures à l'eau bouillante ou avec de la graisse de porc salé ou du lard.

C'est dans les années 1900 que les infestations de punaises ont connu une recrudescence. Suite à l'arrivée du chauffage central, les maisons permettaient aux punaises de vivre toute l'année, alors qu'auparavant, elles étaient surtout saisonnières.

## MÉTHODES D'ÉRADICATION CHIMIQUES

Ghislain Choinière utilise des insecticides faisant partie du groupe des pyréthri- noïdes pour éradiquer les problèmes de punaises. Ce sont d'ailleurs ces produits qui ont été utilisés afin de traiter l'in- festation dans la résidence de personnes âgées. Ces insecticides sont de faible toxicité chez les mammifères, mais de forte toxicité chez les insectes. L'action de ces insecticides est neurotoxique et s'opère lorsque ceux-ci pénètrent l'épiderme de l'insecte (la cuticule). Ils provoquent une transmission continue ou répétée de l'in- flux nerveux entraînant des convulsions jusqu'à la tétanie et la mort. Bien qu'ils contiennent une plus grande concentra- tion en pyréthri- noïdes de synthèse, ce groupe d'insecticides est comparable au répulsif Raid vendu en magasin.

Monsieur Choinière utilise aussi de la terre de diatomée à base de particules de silice. Ces particules peuvent absorber trois fois leur propre masse en liquide. Il suffit de pulvériser cette poudre sur les plinthes, le plancher ainsi qu'autour des meubles. Lorsque les insectes se déplacent dans cette poudre, ils se chargent de ces particules absorbantes et détruisent, de cette façon, la couche protectrice de leur cuticule. Ils meurent ainsi de dessèche- ment après quelques jours.

### Le saviez-vous ?

La fumigation des punaises de lit consis- tait souvent à faire brûler du soufre. Pendant la première moitié du 20<sup>e</sup> siècle, le soufre fut remplacé par le gaz d'acide cyanhydrique (cyanure). Cette fumiga- tion était efficace, mais onéreuse et bien plus dangereuse que le soufre.



## MÉTHODES D'ÉRADICATION MÉCANIQUES

Certaines techniques mécaniques et peu coûteuses existent afin de contri- buer à l'éradication des punaises de lit. Ces pratiques sont conseillées par Ghis- lain Choinière puisque, combinées au traitement chimique, elles permettent de diminuer la charge parasitaire d'un milieu à son maximum.

Comme les punaises meurent à des températures allant jusqu'à 45 °C, il est possible d'éliminer la présence de ces parasites en déposant literies et vêtements à la sècheuse ou en les exposant à de la vapeur à haute température. Il est aussi possible de les éliminer en les exposant pendant 48 heures à des températures de -20 °C. Cette dernière méthode est surtout réalisée lors des saisons hivernales. Une fois les vêtements traités, il est nécessaire de les conserver dans des sacs étanches pour éviter une nouvelle contamination.

L'aspiration des œufs, jeunes et adultes à l'aide d'un embout affiné peut également être effectuée dans les moindres recoins d'une salle (plinthes, prises de courant, matelas, etc.). Toutefois, l'aspirateur ne permet pas de tuer les punaises, il ne fait que les piéger. Il est donc important d'obstruer l'embout de l'appareil entre chaque utilisation et d'éliminer, en temps et lieu, le contenu de l'aspirateur en l'em- ballant dans un sac étanche ou en le pulvérisant avec un insecticide.

Les matelas peuvent être enveloppés dans des housses spécialisées contre l'infil- tration de punaises de lit. Ceci permet de tuer les hématophages présents sur le matelas en leur empêchant l'accès à la nourriture. Ces housses empêchent égale- ment l'installation de nouvelles punaises sur le matelas étant donné le manque d'accès à des fissures et à des recoins.





## LES DIFFICULTÉS D'EXTERMINATION

Ghislain Choinière affirme que, dans le tiers des cas, une deuxième application d'insecticides est nécessaire afin d'enrayer l'infestation. Parfois, celle-ci n'est malheureusement pas suffisante pour se libérer de ce fardeau. Il suffit d'un seul oubli pour qu'une infestation reprenne. Monsieur Gilles Trudel raconte qu'à un moment donné, les propriétaires croyaient avoir réglé le problème. Or, le sofa d'un des bénéficiaires n'avait pas été traité et l'infestation a alors été relancée.

Ainsi, le problème devient facilement récurrent et de plus en plus compliqué à éradiquer. Selon une étude à laquelle les Docteurs Éric Haubruge et Marcel Amichot ont participé, la résistance développée par ces parasites en serait la cause. Celle-ci serait le fruit d'une évolution et plusieurs formes existeraient. En premier lieu, l'insecte peut simplement fuir le produit en question, c'est ce qu'on appelle la résistance comportementale. Par la suite, l'organisme de l'insecte peut s'adapter pour limiter la capacité de pénétration du produit toxique ou en accélérer la sortie : c'est la résistance phy-



Monique Boily, chercheuse au TOXEN

siologique. Il peut, par exemple, épaissir sa cuticule ou simplement excréter le produit plus rapidement. Si l'insecticide pénètre tout de même dans l'organisme, le récepteur permettant à la molécule d'insecticide d'être efficace peut se modifier et empêcher cette dernière de faire son effet. Ultimement, le métabolisme de la punaise peut modifier les processus de détoxification de l'organisme, ce qui permet à l'insecticide d'être éliminé rapidement et d'empêcher la mort de l'insecte. Les deux derniers exemples de résistance font partie des résistances biochimiques, qui sont les plus courantes et difficiles à surmonter.

Monique Boily, chercheuse au centre TOXEN et professeure spécialisée en toxicologie à l'UQAM, explique que les insectes qui démontrent une résistance métabolique à un certain produit ont payé un fort prix pour en arriver là. En effet, puisque ces processus sont complexes et s'opèrent sur plusieurs générations, ces insectes ont dû réduire leur reproduction afin de permettre leur survie.

Puisque les punaises de lit ont une capacité de reproduction extraordinaire, les mutations menant aux résistances peuvent être établies solidement dans une même population au bout de quelques mois seulement.

De plus, le fait que les punaises soient dans un environnement clos contribue à l'augmentation de la vitesse à laquelle les changements génétiques se produisent. En effet, les punaises qui

## Attention aux milieux publics ?

En effet, les milieux publics peuvent également être contaminés tels que des hôtels, des bibliothèques et même, des bars. Gaétan Larochelle, propriétaire d'un bar de Montréal, fait partie des nombreuses victimes de ce parasite. Il a détecté l'infestation au mois de mai 2014 lorsqu'un client lui a fait part de la découverte d'une punaise sur l'une de ses nombreuses banquettes. Après des efforts inlassables pour remédier au problème, celui-ci a malheureusement découvert que les punaises provenaient des logements situés au-dessus de son bar, dans le même immeuble. Ainsi, c'est seulement après que toute la bâtisse ait été traitée, que tout le matériel ait été jeté et que tous les murs aient été arrachés qu'il a réussi à éradiquer l'infestation. Conscient des soucis que cela causait pour sa clientèle, monsieur Larochelle s'est vu dans l'obligation de fermer ses portes durant six semaines entières. Ses employés et lui-même ont également connu cette infestation dans leur maison. Beaucoup d'anxiété et de manque de sommeil ont affecté monsieur Larochelle et ses employés. Néanmoins, malgré les pertes faramineuses d'argent, il peut aujourd'hui affirmer que le problème est réglé. Il faut cependant demeurer très vigilant, car un endroit public est très propice à une infestation d'insecte.

infestent une maison sont consanguines, c'est-à-dire issues d'une même lignée. Nous savons qu'une mutation va s'établir beaucoup plus rapidement dans une population limitée, car elle est soutenue par le manque de diversité dans la génétique des individus.

Finalement, le plus important à retenir lors d'une infestation de punaises de lit, est qu'il est nécessaire de se renseigner auprès de sources fiables, tel qu'un exterminateur, afin d'effectuer avec succès une éradication. D'après les recherches effectuées, l'opinion des spécialistes consultés et les témoignages obtenus, l'éradication des punaises de lit par l'entremise de la lutte mécanique combinée à un élément chimique reste la méthode la plus efficace pour se débarrasser du problème. ■



## Qu'est-ce que le cytochrome P450 ?

Le cytochrome P450 est une super-famille de protéines présente chez la punaise de lit et qui est impliqué dans le processus de détoxification de l'organisme. Il est l'un des acteurs principaux dans la résistance métabolique. Souvent situé dans le foie, il peut agir autant sur des métabolites (produits de l'organisme) que sur des composés externes. Une des voies intéressantes dans la lutte contre les punaises est de combiner un pesticide avec un inhibiteur de cytochrome P450. Ceci a pour effet d'empêcher ces enzymes de dégrader les molécules de l'insecticide. Il ne faut toutefois pas crier victoire trop vite, car il existe plusieurs alternatives de résistances pour ces parasites. En effet, le glutathion S-transférase (GST) est un autre complexe d'enzymes impliqué dans la détoxification des organismes et peut agir en même temps que le cytochrome P450 ou prendre la relève lorsque nécessaire.

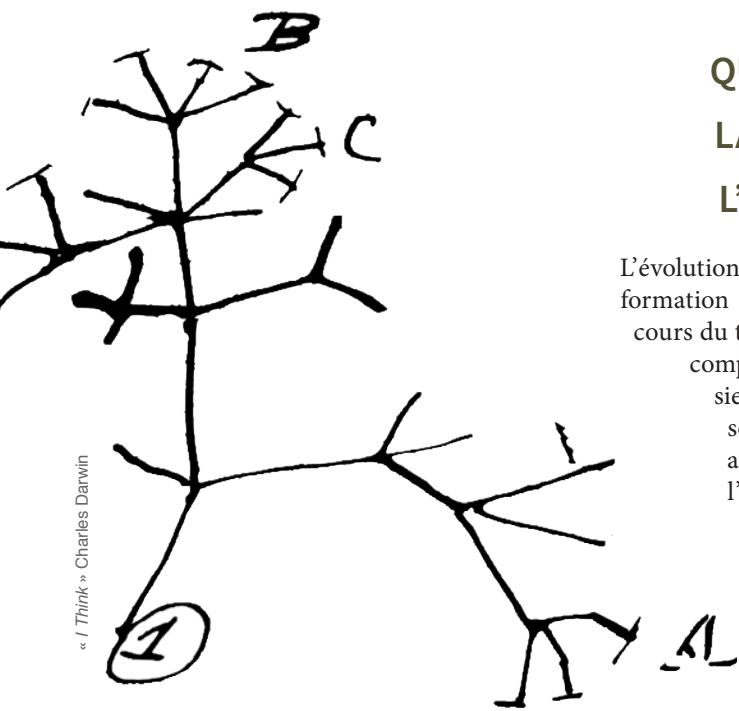


© gazette.net.com

# L'HOMME A-T-IL CESSÉ D'ÉVOLUER ?

*Evick Mestre, Kevin Gayout,  
Karelle Desrosiers, Roxanne Richard*

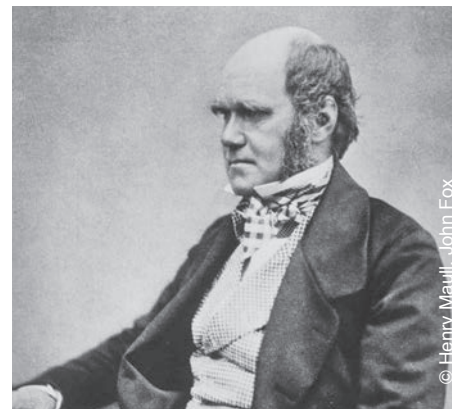
*La qualité et l'espérance de vie chez l'Homme ont considérablement augmenté au cours des derniers siècles. Beaucoup de personnes pensent d'ailleurs que l'agriculture, les progrès de la médecine ou encore les avancées technologiques ont affranchi l'humanité de l'évolution. Si cette dernière a permis l'apparition et la diversité des espèces, l'humanité serait-elle donc la seule à être arrivée au bout de son chemin évolutif? Cette idée est-elle justifiée? Pour le savoir, clarifions cette célèbre, mais souvent incomprise, théorie de l'évolution et regardons si nos modes de vie empêchent ses mécanismes de s'exercer.*



« I Think » Charles Darwin

## QU'EST-CE QUE LA THÉORIE DE L'ÉVOLUTION ?

L'évolution est une théorie sur la transformation des organismes vivants au cours du temps. Cette théorie cherche à comprendre pourquoi il existe plusieurs espèces et pourquoi elles sont différentes les unes des autres. Charles Darwin a été l'un des premiers scientifiques à émettre une théorie de l'évolution en 1859, dans son livre *De l'origine des espèces*.



© Henry Maulil, John Fox

Charles Darwin (1809-1882), naturaliste anglais à l'origine de la théorie de l'évolution par la sélection naturelle.

Ensuite, les recherches effectuées par le botaniste Gregor Mendel ont permis de comprendre les principes de l'hérédité, c'est-à-dire la transmission de caractéristiques (ou traits) parentales à la descendance. Plus tard, la découverte



des chromosomes et de l'ADN a donné des informations sur les mécanismes moléculaires de cette hérédité. La compréhension de ces mécanismes a été capitale parce que la possession de caractéristiques héréditaires est une condition indispensable dans la théorie de l'évolution des espèces de Darwin.

## COMMENT SE FAIT L'ÉVOLUTION ?

La théorie de l'évolution comprend aujourd'hui de nombreux principes complexes et très divers qui tentent d'expliquer les processus de la transformation des espèces au fil des générations, conduisant à des changements physiques, anatomiques et comportementaux chez les espèces. Voyons ensemble deux de ces processus évolutifs : la mutation et la sélection naturelle.

### *Par mutation*

L'information concernant nos attributs, physiques ou moléculaires, est codée par des séquences d'ADN, appelées gènes. Nous pouvons comparer notre bagage génétique à un livre dont les phrases sont nos gènes et les lettres sont les molécules qui composent ces gènes. Lors de la reproduction, chaque parent fait une copie de son bagage génétique et en transmet la moitié à sa progéniture. La progéniture détient alors une combinaison génétique unique. Des erreurs surviennent régulièrement lors du processus de copie. Ces erreurs sont ce qu'on appelle des mutations. Elles provoquent la transmission des caractéristiques parentales sous une version modifiée, voire l'apparition de nouvelles caractéristiques. Elles permettent donc d'avoir de la variabilité de traits entre les individus d'une même espèce.

### *Par sélection naturelle*

La variation entre les individus, causée notamment par les mutations, est à la base d'un mécanisme puissant responsable de l'évolution : la sélection naturelle. La variation est ce qui rend chaque être unique et différent des autres. Dans un

environnement précis, certains d'entre eux possèdent des caractéristiques qui les rendent plus aptes à survivre et à se reproduire que les autres. Si ces caractères favorables sont héréditaires, ceux-ci sont alors de plus en plus fréquents au fil des générations. À l'inverse, les caractères qui sont défavorables tendent à disparaître. C'est l'environnement qui exerce des pressions sur les individus qui font que certains traits sont plus favorables que d'autres.

## POURQUOI L'ÉVOLUTION EST-ELLE UN CONCEPT IMPORTANT ?

Les processus évolutifs permettent l'adaptation des espèces à leur environnement. Les organismes d'une espèce, au cours de plusieurs générations, augmentent leur valeur adaptative, c'est-à-dire leur capacité à survivre et à se reproduire dans un environnement précis. Toutefois, ce n'est pas les espèces qui cherchent à évoluer. L'évolution est simplement le résultat de ces nombreux processus. Prenons un exemple concret. Chez l'Homme, les différentes couleurs de peau sont le résultat de la sélection naturelle. Pour mieux comprendre cette évolution, on peut comparer la mélanine à la teinte des verres fumés. La lumière est nécessaire au corps pour synthétiser la vitamine D, comme elle est nécessaire à l'œil pour voir. Toutefois, trop de rayons solaires causent des dommages aux cellules, tout comme trop de lumière empêche la vision. La mélanine colore la peau de façon à limiter les effets des rayons solaires sur celle-ci, comme les verres teintés le font pour nos yeux. Cet effet est visible dans l'immédiat par le bronzage, mais les différentes populations humaines ont également



évolué vers des teintes de peau correspondant aux rayonnements solaires de leur latitude. Les premiers Hommes, en Afrique, ont développé une pigmentation foncée parce qu'ils avaient besoin de beaucoup de mélanine pour se protéger du fort rayonnement solaire sur ce continent, rayonnement tellement intense qu'il pouvait continuer à synthétiser la vitamine D. Toutefois, lorsque des humains ont migré vers l'Eurasie, la pigmentation foncée est devenue un obstacle à la synthèse de vitamine D, comme des lunettes de soleil dans une pièce sombre. Les individus avec des mutations procurant une peau plus pâle ont donc eu un avantage, et ont pu transmettre ce trait à plus de descendants : la population de ces latitudes a donc évolué vers une coloration de la peau plus pâle. L'humanité a évolué puisqu'elle est aujourd'hui constituée, entre autres, d'une population majoritairement à peau foncée en Afrique et d'une population majoritairement à peau pâle en Eurasie, toutes deux adaptées à leur environnement.

## EST-CE QUE L'HOMME A CESSÉ D'ÉVOLUER ?

Maintenant que l'on connaît les principaux processus évolutifs, voyons ensemble si l'Homme y est toujours soumis.

### *L'apparition de nouveaux traits est-elle encore possible ?*

Ce n'est pas parce qu'il n'y a pas d'apparition d'un troisième œil ou de cheveux multicolores à la naissance que cela signifie qu'il n'y a plus de mutations chez l'Homme ! Nous avons vu que les mutations étaient essentielles à l'évolution. Elles sont aléatoires et fréquentes, mais

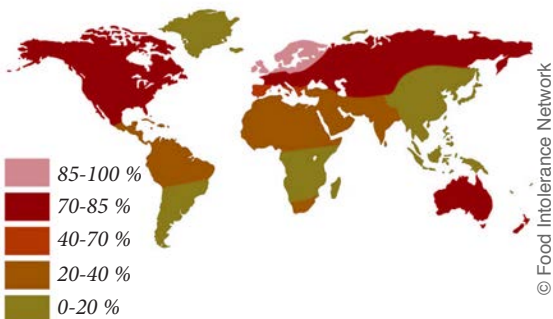




© James Stewart/dds.com

La lactase est une enzyme présente chez l'enfant lui permettant de digérer le lait. Cette enzyme n'est normalement plus présente à l'âge adulte. Cependant lorsque les Hommes ont commencé à élever des animaux au lieu de chasser, une mutation apparue il y a environ 10 000 a permis à certaines personnes de conserver la lactase à l'âge adulte. Le lait étant une source nutritionnelle importante, cette mutation a donné un avantage à ces détenteurs. Bien qu'aujourd'hui une majorité de la population, notamment dans l'hémisphère nord, possède toujours la lactase, il n'est pas rare de rencontrer des personnes n'ayant pas cette mutation et qui sont donc intolérants au lactose.

Pourcentage des humains tolérants au lactose



elles peuvent passer totalement inaperçues. En effet, il est difficile d'observer l'apparition de mutations parce que la plupart du temps elles ne provoquent pas un changement physique visible. Quelques cas ont cependant été recensés récemment. Au Moyen-Orient, un jeune garçon a survécu à un violent accident de voiture sans la moindre fracture. Des tests ont déterminé que cet enfant avait une densité osseuse supérieure à la moyenne et que celle-ci était due à une mutation d'une protéine responsable de la formation des os. Des études génétiques faites sur les autres membres de sa famille ont permis de déterminer qu'eux aussi possédaient cette mutation qui est donc héréditaire. En Italie, on a décou-

vert qu'une petite communauté possède une mutation d'une protéine servant à éliminer le cholestérol des artères. Grâce à cette protéine mutante, ces personnes ont 88 % moins de chance de souffrir d'une crise cardiaque. Ces deux exemples nous montrent qu'il n'est pas facile d'observer des mutations avantageuses, mais qu'elles apparaissent encore bel et bien chez l'Homme. Les mutations peuvent bien sûr être défavorables. Ces dernières sont à l'origine de nombreuses maladies et handicaps, c'est pourquoi l'Homme s'y intéresse depuis toujours.

## Nos traits sont-ils encore sélectionnés ?

Aujourd'hui, la médecine soigne des maux jadis incurables, dépiste des maladies avant la naissance, aide à la procréation et bien plus encore ! De nombreuses personnes pensent donc que la médecine nous a affranchis de la sélection naturelle. Il est vrai que les diagnostics médicaux après la naissance permettent de détecter plusieurs maladies très tôt. Par exemple, ils permettent de déceler des maladies génétiques comme la phénylcétonurie (PCU), pour laquelle il n'existe aujourd'hui aucun traitement. Les personnes atteintes de cette maladie sont incapables de digérer certains aliments. Les nouveau-nés développent alors rapidement des problèmes mentaux irréversibles dus aux carences alimentaires. La médecine permet donc d'avoir une vie normale pour de nombreux patients atteints de PCU, qui autrement seraient morts. Un autre exemple est la reproduction assistée qui permet à des gens infertiles d'avoir des enfants. De nombreuses études montrent que des facteurs génétiques sont en partie responsables de cette condition. Sans la médecine, l'infertilité empêcherait ces individus de transmettre leurs gènes défavorables. Mais la médecine nous permet-elle de nous affranchir totalement de la sélection naturelle ? Denis Réale, professeur en sciences biologiques

à l'Université du Québec à Montréal, fait remarquer que si la médecine diminue les pressions de sélection, elle ne les élimine pas totalement. Pensez, par exemple, aux fausses couches qui font disparaître les embryons possédant des mutations défavorables, ou encore aux maladies infantiles incurables comme la fibrose kystique. Nous avons vu aussi que la sélection s'exerce positivement sur les traits favorables : la famille possédant des os très résistants a pu survivre à son accident et ses gènes pourront continuer à être transmis.



© magrossesse.com

## Les vies sauvées augmentent la variabilité génétique humaine

Non seulement la médecine n'empêche pas la sélection naturelle d'agir, mais elle est une source de variabilité. Les vies sauvées et les reproductions favorisées créent une plus grande variabilité dans la population, puisqu'elles permettent à une plus grande proportion d'individus de laisser une descendance ! En effet, moins de reproduction veut dire moins de variation possible dans le



© Ali Ihsan

La pollution, un problème majeur des grandes villes industrialisées.



matériel génétique humain : si les gènes sont comme une main aux cartes, alors chaque reproduction est comme un nouveau brassage du paquet de cartes qui permet la formation de nouvelles combinaisons de cartes. Moins les cartes sont brassées, moins il existe de combinaisons différentes alors qu'en génétique, plus il existe de combinaisons différentes de gènes, plus la sélection naturelle peut agir pour favoriser de nouvelles combinaisons avantageuses! Comme le rappelle Denis Réale, les nombreux gènes conservés grâce à la médecine permettent une grande variabilité, ce qui augmente le potentiel évolutif de l'Homme. En effet, rappelons-nous que la variation entre les individus est une condition essentielle à l'évolution des espèces. Mais certains répliqueront que les gènes conservés grâce à la médecine sont des gènes foncièrement défavorables et qu'ils ne sont donc d'aucune utilité pour notre évolution.

### Y a-t-il vraiment de mauvais gènes ?

En réalité, il n'existe pas de gènes foncièrement mauvais ou avantageux, à l'exception bien entendu des défaillances génétiques qui causent la mort! La valeur d'un trait ne s'évalue qu'en rapport à un environnement particulier. Si cela peut sembler vague, pensez à la capacité de vivre longtemps sans eau : si dans le désert, cette caractéristique donne un franc avantage, dans un milieu humide, il n'y a pas d'intérêt! Il faut comprendre que la sélection naturelle ne permet pas d'obtenir un être parfait en ne sélectionnant que des qualités. En biologie, il y a un coût pour tout avantage, ou plus simplement, toute caractéristique vient avec son lot de bons et de mauvais côtés. Par exemple, chez les poissons, le fait d'être plus trapu permet de mieux supporter les basses températures, ce qui constitue un avantage. Toutefois, les poissons trapus nagent beaucoup moins vite, et sont donc plus vulnérables aux prédateurs. Cette ambivalence fait que les traits et caractéristiques peuvent difficilement être qualifiés de bons ou mauvais, car tout dépend de l'environnement! Nous savons maintenant que l'Homme continue bien d'évoluer. Alors, qu'est-ce qui pourrait avoir un impact sur notre évolution ?

## QUELLES SONT LES FORCES QUI « POUSSENT » L'HOMME À ÉVOLUER ?

Un puissant facteur de l'évolution humaine passe en fait souvent inaperçu : il s'agit de la culture. Mais comment la culture pourrait-elle avoir un impact puisqu'elle n'agit aucunement sur nos gènes? Pour y répondre, observons simplement notre lointain parent, l'Homme de Cro-Magnon, qui a réussi à maîtriser le feu. Ce nouveau savoir a été transmis de génération en génération et est devenu un outil inestimable pour l'Homme. Ce que Cro-Magnon ne savait pas, c'est qu'en plus de réchauffer et de rendre sa nourriture plus savoureuse, il la rendait plus facile à digérer par la cuisson. L'énergie supplémentaire qui était jadis nécessaire à cette digestion a alors été utilisée pour améliorer un autre organe, le cerveau! Cet élément culturel a donc joué un rôle majeur pour l'évolution de Cro-Magnon, vers l'Homme tel qu'on le connaît aujourd'hui.

Nous savons également le rôle important que joue l'environnement dans l'évolution; or la modification intensive de l'environnement par l'Homme fait aujourd'hui partie de sa culture. Ce phénomène, appelé construction de niche, a été découvert dans les années 80 par Richard C. Lewontin, un biologiste évolutionniste de l'Université Harvard. En fait, même les animaux modifient leur environnement : pensez seulement aux castors qui construisent des barrages, ou bien aux araignées qui tissent des toiles. L'Homme est cependant un champion de toutes catégories dans les changements de son environnement. Nous sommes aujourd'hui capables de vivre dans des endroits extrêmement chauds comme les déserts ou dans des endroits extrêmement froids comme... le Québec!

De nombreuses études peuvent témoigner de l'effet de la culture humaine sur son environnement et donc sur son évolution. En Afrique de l'Ouest, plusieurs communautés défrichent des



Différents environnements et différentes cultures

clairières dans les forêts afin de pouvoir faire pousser de l'igname, un légume racine qui nécessite un sol humide pour sa croissance. Malheureusement, cette quantité d'eau stagnante est devenue un lieu de prédilection pour la ponte des moustiques vecteurs de la malaria, qui ont donc proliféré dangereusement. Il existe cependant une mutation génétique, responsable d'une maladie du sang défor-



© Eduardo Rivero

mant les globules rouges, qui permet à ceux qui en sont porteurs de résister à l'infection par la malaria. On observe alors dans ces populations, une augmentation du nombre d'individus porteurs de cette mutation génétique à priori défavorable, l'anémie falciforme, puisque ceux qui en sont atteints ne meurent pas de la malaria qui sévit dans cette région.

Plus au nord du globe, en République tchèque, des chercheurs ont découvert une mutation dont l'avantage concerne la pollution : chez des habitants vivants dans une certaine zone, particulièrement polluée, une mutation dans un gène permet la réparation des dommages causés par la pollution dans les cellules.

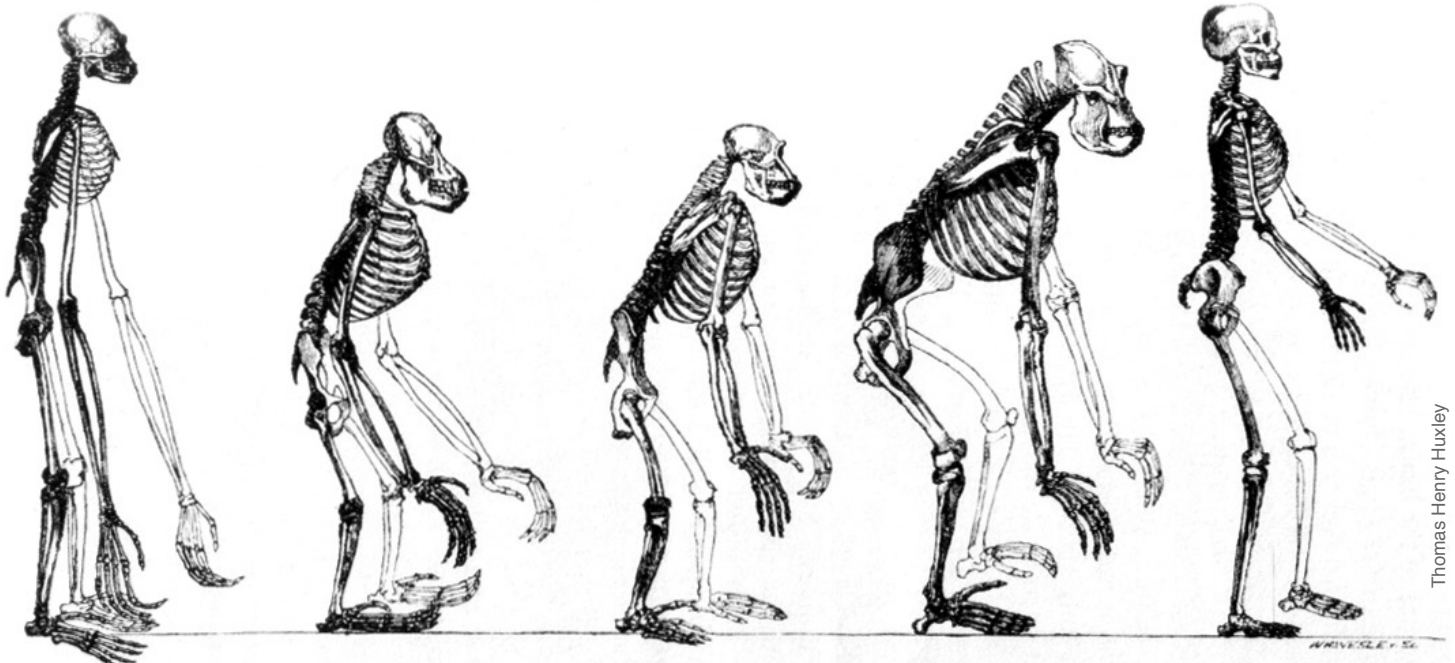
La pollution est d'ailleurs l'un des changements majeurs de l'humain sur son environnement. Dans les pays développés, l'industrialisation est une source énorme de pollution de l'air, de l'eau et des produits de la terre que nous consommons. Olivier Borraz, directeur de recherche au Centre de Sociologie des Organisations,

démontre les différentes sources de pollution créées par l'Homme, que ce soient les organismes génétiquement modifiés (OGM), les déchets nucléaires, les ondes téléphoniques et autres : tous ces changements effectués par l'Homme sont dus à notre culture. De plus en plus de nouvelles technologies se répandent à la grandeur du globe, alors qu'en fait, leurs effets sur l'Homme sont encore méconnus ! Une nouvelle question se doit alors d'être posée.

## VERS QUOI ÉVOLUERONS-NOUS ?

Nous avons tous déjà lu ces articles pseudoscientifiques nous prédisant la perte par l'évolution de l'un de nos doigts de pied, ou bien l'augmentation disproportionnée de la taille de notre cerveau. Les films de science-fiction nous présentent également toute une brochette d'humains du futur, tous plus farfelus les uns que les autres, couverts de poils

ou dotés de branchies. Il est cependant peu probable que ces phénomènes soient réellement observés dans le futur. Rappelons que l'évolution permet d'obtenir des individus possédant des informations génétiques leur donnant un avantage dans un environnement donné, avantage pour lequel un doigt de pied ne changerait pas grand-chose ! En fait, notre environnement actuel change extrêmement vite, peut-être même trop vite. Il semblerait alors que notre culture et notre mode de vie soient devenus les plus grands facteurs influençant notre évolution. En découvrant la pénicilline, Alexander Fleming a permis de sauver des millions de vies. Aujourd'hui, notre surconsommation d'antibiotiques est toutefois responsable de l'apparition de bactéries résistantes encore plus dangereuses. En voulant toujours repousser les limites de son environnement, l'humain se retrouve devant des dilemmes plus inquiétants encore, comme les changements climatiques, les nouvelles maladies résistantes aux traitements et la toxicité causée par toutes les sources de pollution : tous des obstacles que l'Homme d'il y a 100 ans n'aurait pu imaginer ! On ne peut donc pas prédire quelles seront les caractéristiques qui représenteront un avantage dans le futur, puisque ce futur reste un grand mystère. La meilleure arme pour l'avenir est alors sûrement la connaissance : en étant conscient des changements qui s'opèrent autour de nous et de leur force sur l'avenir de l'Homme, il ne tient qu'à nous de bien choisir les éléments de notre culture et de nos technologies qu'il convient de transmettre aux générations à venir. ■



Thomas Henry Huxley





© Disney Enterprises, Inc 2012

# L'OMNIVORIE HUMAINE :

## nécessité ou héritage évolutif ?

*Béatrice Dupont-Fortin, Gabriel Jean, Gabriel Lanthier, Christophe Leblanc*

Ces dernières années, plusieurs pays défavorisés ont vu une augmentation du niveau de vie moyen de leur population. Or, certaines problématiques émergent de cette nouvelle richesse. L'élargissement de la classe moyenne augmente la demande de certains produits qui étaient jusque-là réservés à quelques individus privilégiés. Par exemple, le développement de nouveaux marchés pour le chocolat dans les pays en voie de développement pourrait mener à une pénurie du produit d'ici quelques années. Si une absence de chocolat semble superficielle, la situation est tout autre lorsque le produit menacé de disparaître semble plus essentiel, comme

la viande. Étant donné que les méthodes traditionnelles de production de viande sont extrêmement coûteuses, la pression exercée par les activités humaines sur notre environnement s'accroît avec l'émergence de nouvelles classes moyennes. Dans ce contexte, nous pouvons remettre en question la pertinence de nos habitudes alimentaires. Est-ce que l'omnivorie est une nécessité biologique chez l'humain ou s'agit-il d'un trait hérité de nos ancêtres qui a perdu de son utilité ? Si cette omnivorie occidentale n'est pas une obligation, quelles alternatives pouvons-nous explorer pour réduire les effets de notre alimentation sur notre milieu ?



© deval-traiteur.com

### Précisions

#### Omnivorie :

Diète d'un organisme qui exploite des ressources d'origine végétale et animale pour s'alimenter.

Dans le cadre de cet article, le terme omnivorie occidentale réfère à un régime alimentaire où l'apport en protéines est assuré par la consommation de viande de vertébrés (bœuf, porc, volaille, poisson, etc.).

### L'OMNIVORIE : UNE VOIE PARMIS D'AUTRES

Il y a plusieurs millions d'années vivaient des petits animaux arboricoles qui se nourrissaient principalement de végétaux. De ces ancêtres ont découlé trois sous-groupes de primates au mode de vie différent. L'alimentation de ces groupes diffère : certains se nourrissent de végétaux ayant une faible valeur énergétique. D'autres, comme les chimpanzés, mangent principalement des fruits mûrs, plus difficiles à obtenir, mais qui constituent une ressource de meilleure qualité.



Paysage somalien caractéristique de la vallée du Rift en Afrique de l'Est

Finalement, les hominidés ont adopté l'omnivorie en intégrant progressivement de la viande dans leur diète, un aliment d'une très grande qualité. Ces différences de nourriture découlent d'un environnement distinct.

## ON EST CE QU'ON MANGE

Selon les travaux de la Docteure Katharine Milton, anthropologue et biologiste américaine s'intéressant à l'évolution des primates et de leur système digestif au niveau physiologique, les choix alimentaires influencent ces organismes dans leur comportement et leur développement. Par exemple, les orangs-outangs sont massifs, ce qui leur permet de se nourrir d'aliments de faible qualité, car les animaux de grandes tailles ont besoin de moins d'énergie par unité de masse. Cela explique pourquoi une musaraigne doit s'alimenter continuellement d'insectes pour survivre alors que le rhinocéros mange seulement des végétaux. Cependant, cette alimentation leur

laisse peu d'énergie pour des comportements sociaux et limite leur capacité de développement cérébral. Les ancêtres des chimpanzés, pour leur part, avaient accès à une nourriture de meilleure qualité dans leurs jungles et leurs forêts, leur donnant l'énergie nécessaire pour augmenter les capacités mentales et maintenir des comportements sociaux. Ceci explique pourquoi les chimpanzés sont reconnus pour leur utilisation d'outils simples, alors que chez les orangs-outangs, l'utilisation d'outils est peu développée. Les ancêtres des hominidés auraient probablement préféré continuer à s'alimenter de fruits dans les jungles, mais les changements dans leur environnement les ont forcés à modifier leur mode de vie. En effet, la vallée du Rift en Afrique de l'Est, le lieu d'origine des premiers hominidés, s'est progressivement asséchée et s'est transformée en savane. Les singes émergents de la forêt devaient être capables de voir venir leurs prédateurs dans une mer d'herbes et devaient donc se lever sur leurs pattes postérieures. Dans la savane, les fruits sont plus rares, et surtout, plus saisonnier. C'est le caractère saisonnier de leur nouvel environnement qui explique pourquoi les premiers hominidés ont dû commencer à inclure de la viande dans leur diète.

Ces hominidés étaient petits et maladroits sur leurs jambes, les empêchant probablement de chasser. Ils devaient donc se contenter des carcasses. La grande valeur énergétique de cette ressource alimentaire aurait permis à ces primates d'augmenter leur masse corporelle, sans perdre en capacités sociales. De plus, cette nouvelle alimentation leur fournissait l'énergie nécessaire à l'augmentation de la taille du cerveau. Cet

accroissement cérébral a permis de complexifier les comportements et les outils, permettant d'obtenir plus facilement de la viande et donc d'assurer une croissance cérébrale continue.

Ainsi, les conditions environnementales ont poussé nos ancêtres à adopter de nouveaux comportements alimentaires dont nous avons hérité et qui nous ont grandement façonnés. Cependant, la question demeure : l'omnivorie occidentale a-t-elle encore sa place dans la société moderne ? Sommes-nous adaptés pour manger de la viande et des végétaux ? Avons-nous le choix ?

## UNE QUESTION DE VIEILLISSEMENT ?

Serait-il possible que les différences génétiques entre nous et les autres primates expliquent notre capacité à l'omnivorie ? Caleb E. Finch et Craig B. Stanford de l'Université de Californie, deux chercheurs en gérontologie, nous proposent une réponse. Généralement, les primates ont une espérance de vie supérieure à la majorité des mammifères, mais inférieure à la nôtre. Ces deux chercheurs ont étudié l'effet de la consommation de viande sur le vieillissement des humains et des grands singes comme le chimpanzé. Lorsque ceux-ci sont en captivité et nourris avec de la viande, ils tendent à présenter un plus haut taux de cholestérol sanguin, augmentant leur incidence de maladies cardiovasculaires comme l'hypercholestérolémie et de troubles cognitifs tels que l'Alzheimer. Ces mêmes problèmes sont aussi observés chez les humains mangeant beaucoup de viande, mais avec une moins grande incidence et à un niveau de consommation de viande plus élevé.





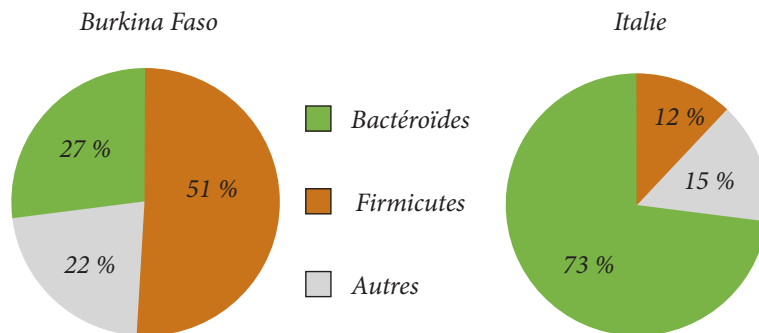
## UN GÈNE EXCLUSIF À L'HOMME

Notre capacité à manger autant de protéines animales nous viendrait d'un gène particulier qui serait une clé de notre adaptation. Le gène *ApoE* est un des gènes responsables de la production d'une protéine qui est un transporteur important de cholestérol vers les cellules chez l'Homme. Avoir des protéines enfermant le cholestérol dans les cellules réduit les risques pour la santé, puisque le cholestérol se retrouve en moins grande quantité dans le sang, limitant les risques de maladies cardiovasculaires. L'humain possède cette protéine (E3) sous une forme beaucoup plus efficace. La protéine E3 est capable de transporter et de séquestrer des molécules de gras beaucoup plus denses que les protéines de la même famille retrouvées chez les singes. D'où nous vient cette particularité? Finch et Stanford expliquent qu'une mutation dans le gène *ApoE* est possiblement en cause, permettant d'adopter une nouvelle forme de protéines, mais que la date de l'apparition de la mutation reste un mystère. L'absence de cette forme E3 chez les grands singes expliquerait la hausse des maladies cardiovasculaires lorsque ceux-ci sont en captivité. Cette découverte montre que l'omnivorie est possiblement apparue à la suite de changements environnementaux chez nos ancêtres, mais qu'elle ne se serait probablement pas maintenue sans des mutations génétiques. Ces mutations sont aussi à l'origine des différences physiologiques entre nous et les autres primates.

### LA RÉPONSE SE TROUVE-T-ELLE DANS L'INTESTIN ?

Katharine Milton, anthropologue étudiant les systèmes digestifs des primates, explique que le système digestif des grands singes est similaire au nôtre sur certains points. Effectivement, la longueur de nos tubes digestifs est semblable. Cependant, la répartition des différentes régions du tractus digestif est différente. Par exemple, chez les chimpanzés, plus de 45 % du système digestif est représenté

## Composition de la flore bactérienne fécale



par le colon et seulement 14 à 29 % par le petit intestin. En revanche, chez l'humain, le petit intestin représente 56 % du système digestif contre 20 % pour le colon. Cette différence reflète l'adaptation du système digestif de nos ancêtres à une nouvelle diète. Elle conclut que la dominance du petit intestin chez l'Homme serait une adaptation à une alimentation plus diversifiée et plus riche en nutriments alors que le large colon des grands singes favorise la digestion des végétaux.

Toujours d'après les recherches de Katharine Milton, un autre élément important dans l'évolution de notre système digestif est la cinétique intestinale, soit la manière dont la nourriture se déplace dans le système digestif. Cette caractéristique est semblable chez les humains et les singes, car leur temps de digestion est comparable. De leur côté, les carnivores ont un système digestif beaucoup plus simple avec un temps de transit plus court que ceux des omnivores et des herbivores, prouvant que nous ne sommes pas faits pour une alimentation purement carnivore.

### LE TRAVAIL DES BACTÉRIES INTESTINALES

En 2010, Carlotta De Filippo, une chercheuse spécialiste en génétique de la flore du système digestif, s'est intéressée à la composition de la flore bactérienne fécale chez des enfants de nationalités différentes : quatorze enfants du Burkina Faso

et quinze enfants d'Italie. Ces derniers consommaient plus de nourriture d'origine animale, d'aliments gras et sucrés, mais moins d'aliments d'origine végétale que les enfants du Burkina Faso. Grâce à des outils moléculaires, la chercheuse a montré une composition différente de bactéries fécales entre les deux ethnies : les enfants africains présentaient une concentration plus élevée de bactéries de type *Bacteroidetes* et très peu de bactéries de type *Firmicutes*. Ce rapport s'inverse complètement chez les enfants italiens. La forte présence d'un *Bacteroidetes* nommé *Xylanibacter* chez les enfants burkinabés

### Zoom sur la flore intestinale



- La flore intestinale est un ensemble de bactéries que l'on retrouve normalement dans les intestins.
- Les bactéries normales du corps aident à prévenir les infections par des bactéries pathogènes.
- La diète et la situation géographique influencent la composition de la flore.
- La flore intestinale est acquise durant les deux premières années de notre vie et demeure relativement stable ensuite.

leur permettrait de mieux dégrader les glucides d'origine végétale comme la cellulose, les protégeant de l'inflammation intestinale et les rendant ainsi plus efficaces pour profiter d'une diète riche en fibres.

La différence observée chez ces enfants est-elle réellement causée par leur alimentation? Les recherches de Lawrence A. David, assistant professeur de l'Université de Durham en Caroline du Nord spécialisé dans la flore microbienne humaine, semblent faire pencher la balance en ce sens. Il a étudié les changements à court terme des bactéries digestives selon deux régimes alimentaires. Les cobayes ont expérimenté une diète strictement végétarienne ou carnivore pendant cinq jours. Dès la première journée, les chercheurs ont vu une différence dans la composition de la flore. Celle-ci était plus importante pour le régime carnivore : ils ont observé une augmentation de bactéries résistantes à la bile (la consommation de viande augmente l'apport en gras et en protéines, augmentant la sécrétion de bile) et une diminution de certaines bactéries dégradant les sucres végétaux, ce qui concorde généralement avec les résultats du Docteur De Filippo. Cette expérience montre à quel point la flore digestive humaine est flexible et peut adapter sa composition et ses fonctions selon la diète de l'individu, qu'il mange de la viande ou non.

## MANGER VÉGÉ ?

Notre alimentation ne dépend plus de pressions environnementales et n'est pas fixée par notre physiologie, mais est plutôt issue de la culture sociétale. Cependant, que ce soit une question de conscience personnelle ou écologique, certains optent pour un régime évitant toute consommation de viande. Un tel régime a des avantages écologiques, économiques, mais pose aussi des risques pour la santé.

Le végétarisme est un signe de protestation contre l'industrie alimentaire moderne qui cherche à maximiser la production aux dépens du bien-être des animaux et de la qualité de notre envi-

ronnement. Les végétariens s'indignent notamment de l'entassement des animaux, des méthodes d'engraissement, de l'administration d'hormones et d'antibiotiques. Plus encore, il est prouvé que la production de viande coûte plus cher que

### Pourquoi des alternatives ?

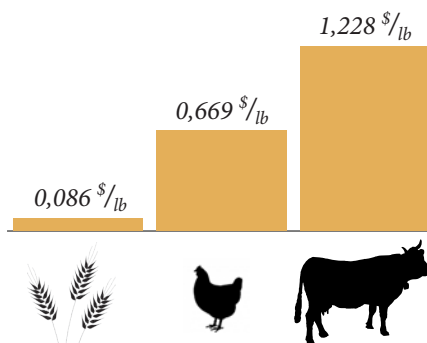
- La demande mondiale en bétail sera de 465 millions de tonnes en 2050, soit deux fois plus qu'en 2001.
- 70 % des terres agricoles sont dédiées à l'élevage de bétail.
- L'élevage du bétail est responsable de 18 % des émissions de gaz à effet de serre, plus que le transport.

ONU pour l'Alimentation et l'Agriculture

la production de végétaux : le blé coûte 0,086 \$ à produire par livre contre 0,669 \$ pour le poulet et 1,228 \$ pour le bœuf.

Par contre, un végétarien mal averti peut se retrouver avec des carences alimentaires. Afin d'obtenir tous les nutriments qui lui sont nécessaires, il doit surveiller son apport en nutriments rares dans les végétaux, ce qui inclut les protéines. Ainsi, il peut suppléer son régime d'huiles végétales, d'œufs et de produits laitiers. Par contre, il n'est pas recommandé de suivre un régime végétarien lors d'une grossesse. En effet, des cas de carence en vitamine B12 et en vitamine D, causant des retards de croissance, sont reportés chez des enfants dont la mère est végétarienne. Heureusement, il existe d'autres façons de réduire notre empreinte environnementale, comme l'obtention de protéines de sources animales inusitées.

### Coût de production



## DES INSECTES EN BROCHETTE

De nouvelles alternatives à la viande traditionnelle sont étudiées. C'est ce qu'ont fait cinq étudiants de l'Université McGill. Ils ne se doutaient pas qu'ils gagneraient un million de dollars lorsqu'ils ont fabriqué une farine enrichie de protéines et de fer provenant d'insectes broyés. Ce projet leur a fait gagner le Hult Prize en 2013, une compétition internationale à caractère humanitaire. Depuis leur victoire, ces jeunes travaillent dans plusieurs pays pour encourager la production et la consommation humaine d'insectes, l'entomophagie.

L'entomophagie représente une part importante de l'alimentation dans de nombreux pays, entre autres pour ses qualités nutritives et ses avantages d'un point de vue écologique.

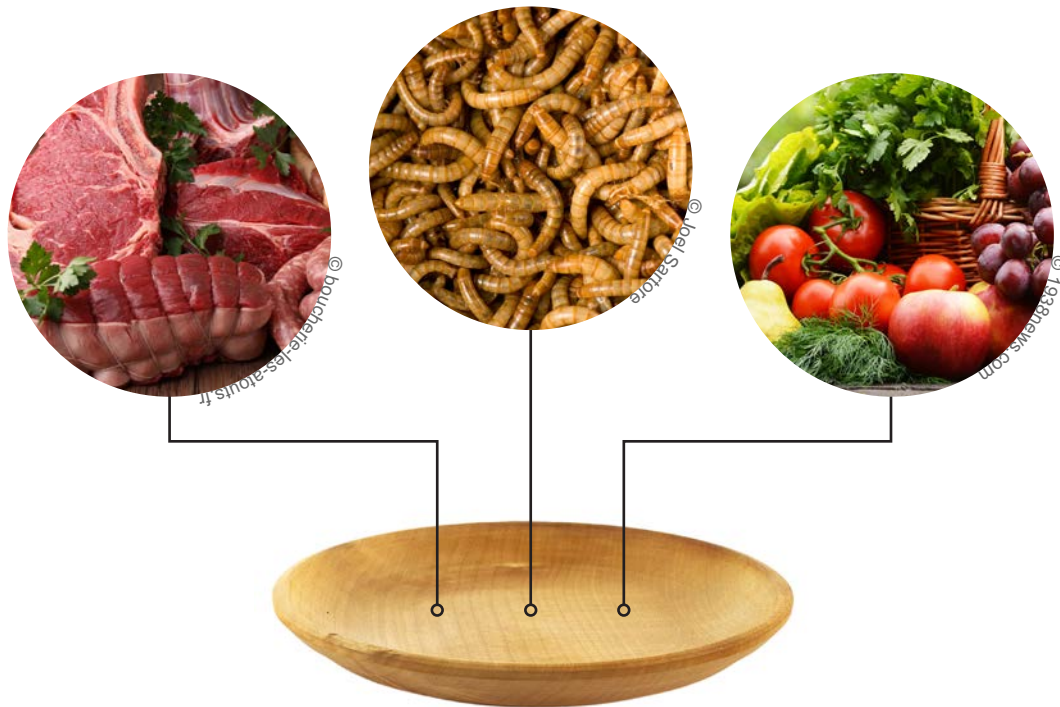


© Neil Setchfield

Les insectes ont généralement une teneur en protéines entre 13 % et 28 % de masse humide et certains allant jusqu'à 48 %. En comparaison, le bœuf a une teneur en protéines variant entre 19 % et 26 % de poids frais. Ils ne sont pas seulement une source importante de protéines, mais certains contiennent des quantités importantes d'acides aminés qu'on retrouve très peu chez les plantes. L'entomophagie permet de combler de nombreuses carences alimentaires en acides gras et en oligo-éléments comme le fer, le calcium, la vitamine B, etc. Leur carapace, l'exosquelette, est une source non négligeable de fibres appelées chitine. Contrairement à la cellulose, une fibre végétale indigeste pour l'humain, la chitine est dégradable par une enzyme appelée chitinase.

L'intégration d'insectes dans notre alimentation est une solution durable à





© copeauxmulticolores.fr

Une variété de régimes existe actuellement pour réduire notre consommation de viandes. Qu'allez-vous mettre dans votre assiette ?

la crise alimentaire d'un point de vue écologique. En effet, les insectes ont un meilleur taux de conversion de biomasse que les mammifères. Le grillon prend six fois moins de nourriture que le bœuf pour produire la même quantité de protéines animales. Cette grande différence est expliquée par le métabolisme différent de ces deux groupes : les insectes ne dépensent pas d'énergie à réguler leur température corporelle. Étonnamment,

les insectes ont beaucoup plus de chair comestible par unité de masse : 80 % du grillon est digeste, contre 40 % pour le bœuf.

Les insectes sont aussi utilisés pour nourrir le bétail sous forme de farine. Cette méthode est une alternative pour consommer indirectement les insectes en passant outre l'aversion culturelle pour les insectes. La libération des terres autrefois utilisées pour nourrir les animaux permet désormais de nourrir les humains qui sont de plus en plus nombreux.

mer peu ou pas de viande n'entraîne pas nécessairement des troubles de santé si le régime est bien planifié pour éviter les carences. S'il n'existe donc pas de raisons biologiques nous poussant à adopter un régime en particulier, les lourds impacts environnementaux de l'élevage moderne nous incitent à réduire notre consommation de viande classique au profit de sources alternatives de protéines comme les insectes. Finalement, notre omnivorie est un caractère évolutif hérité de nos ancêtres, mais les adaptations qui lui sont liées en font un choix personnel et culturel plutôt qu'une nécessité biologique. ■



© John Minichillo

Depuis qu'ils ont gagné le Hult Prize en 2013, les étudiants de McGill ont fondé l'entreprise Aspire. Ils voyagent autour du monde afin de cerner les problèmes sociaux liés à la faim et d'apprendre comment élever les insectes dans les meilleures conditions. Ils concentrent surtout leurs efforts aux États-Unis, au Mexique et au Ghana.

## NÉCESSITÉ OU HÉRITAGE ÉVOLUTIF ?

Dans notre évolution, l'omnivorie aurait permis à nos ancêtres de survivre dans un milieu qui se transforme et elle serait liée au développement de notre intelligence. Malgré les adaptations acquises par les hominidés pour l'omnivorie, nous disposons encore d'une flexibilité dans nos choix alimentaires au niveau de notre système digestif. Ainsi, consom-

### Pour en savoir plus :

Visitez le site de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (ONUAA).



© Nasa Earth Observatory

# JOURS DE MARÉE NOIRE

*Samantha McBeth, Émilie Boulay,  
Antonin St-Jean, Jérôme Bernier*

*Le transport maritime du pétrole sous toutes ses formes augmente sur le fleuve Saint-Laurent. Les impacts d'un déversement pétrolier sont bien connus ailleurs, mais qu'arriverait-il chez nous? Et que faire de l'hiver et son épaisse couche de glace qui fait obstacle aux bateaux?*

## LE CAUCHEMAR SOMBRE

Matin d'hiver frais, un petit village aux abords du fleuve Saint-Laurent se réveille. Les sirènes habituelles des bateaux coupent le silence voguant sur le fleuve endormi sous les glaces. Pourtant, une odeur étrange voyage sur la brise; une odeur qui rappelle celle de l'essence dans les stations-services. Là où la glace cassée révèle une surface d'eau libre, une lueur arc-en-ciel se dévoile aux lumières du jour levant. Les premières alertes prennent du temps avant de se faire entendre. L'arrivée des experts sur les lieux a permis de confirmer ce que les gens redoutent : un déversement pétrolier. Rien à faire, les glaces en mouvement sont trop dangereuses, pas moyen de récupérer les huiles perdues. Les dirigeants et les spécialistes ne voient pas d'autres solutions que d'attendre la fonte des glaces pour observer l'étendue des dégâts. Ce pétrole déversé

déclare une guerre silencieuse aux organismes du fleuve et aux citoyens qui y résident.

À partir de ce moment, le brouillard s'installe dans le scénario qui n'est heureusement que fiction à l'instant. Une telle catastrophe ne relève pas seulement de l'imaginaire. Souvenez-vous de l'Exxon Valdez, échoué il y a 26 ans sur les côtes d'un village de pêche en Alaska. Cependant, il y a plus d'une différence entre l'Alaska et le fleuve. La glace est un acteur important dans cette tragédie, absente dans l'incident de l'Alaska. La glace ajoute une difficulté supplémentaire, et un mystère. Qu'arrivera-t-il à

ce pétrole déversé et à ses contaminants jusqu'au printemps?

Une marée noire de pétrole bitumineux en hiver dans le Saint-Laurent représenterait un scénario dramatique. Et nous n'en sommes pas loin. Avec le développement exponentiel des projets pétroliers dans l'Ouest canadien, et le désir pressant d'utiliser le Québec comme un point d'exportation vers le reste de la planète, la flotte de bateaux-pétroliers naviguant sur le fleuve augmentera à une vitesse hallucinante. L'hiver n'empêchera pas la vente du pétrole. Avec l'arrivée de cette réalité, la possibilité d'un tel accident doit être étudiée.



© Athit Perawongmetha



## NAPPE NOIRE

### SOUS COUVERT BLANC

« La problématique de contamination en milieu marin en hiver est quand même assez complexe », explique Richard Saint-Louis, professeur en chimie analytique à l'Université du Québec à Rimouski et chercheur à l'Institut des sciences de la mer. Il ajoute que : « D'une part, nous n'avons pas beaucoup de données, simplement par la difficulté d'aller échantillonner pour savoir ce qui se passe en hiver et aussi [par la difficulté] qu'apporte le couvert de glace [influençant] la dispersion des contaminants ». Le professeur Saint-Louis dirige un projet visant à étudier l'impact des déversements de pétrole dans les eaux du fleuve en condition hivernale. Les déversements sont potentiellement très différents en présence de glace, et l'équipe de recherche UQAR-IS-MER tente d'élucider cette question.

« D'une part, nous n'avons pas beaucoup de données, simplement par la difficulté d'aller échantillonner pour savoir ce qui se passe en hiver »

— Richard Saint-Louis

En fait, la couche de glace peut être imaginée comme un bouchon bloquant la nappe de pétrole. En retenant les contaminants, elle peut entraîner une plus grande concentration de polluants dans l'eau. Cette glace opaque bloque aussi les rayons provenant du soleil. La lumière peut dégrader les contaminants, mais le mur de glace y fait entrave.

Rigide et en mouvement constant, cette glace a toujours été la grande barricade du fleuve Saint-Laurent, empêchant la circulation de navires sur ce grand corridor d'eau. Le cœur du Québec était inaccessible en hiver avant le développement des brise-glaces. Même en ces temps modernes, la majorité des activités fluviales sont ralenties à cette période de l'année.

« Dans les conditions idéales, on croit récupérer près de 20 à 30 % du pétrole déversé. Sous la glace, cette valeur tombe sous 5 %, voire même 1 % »

— Émilien Pelletier

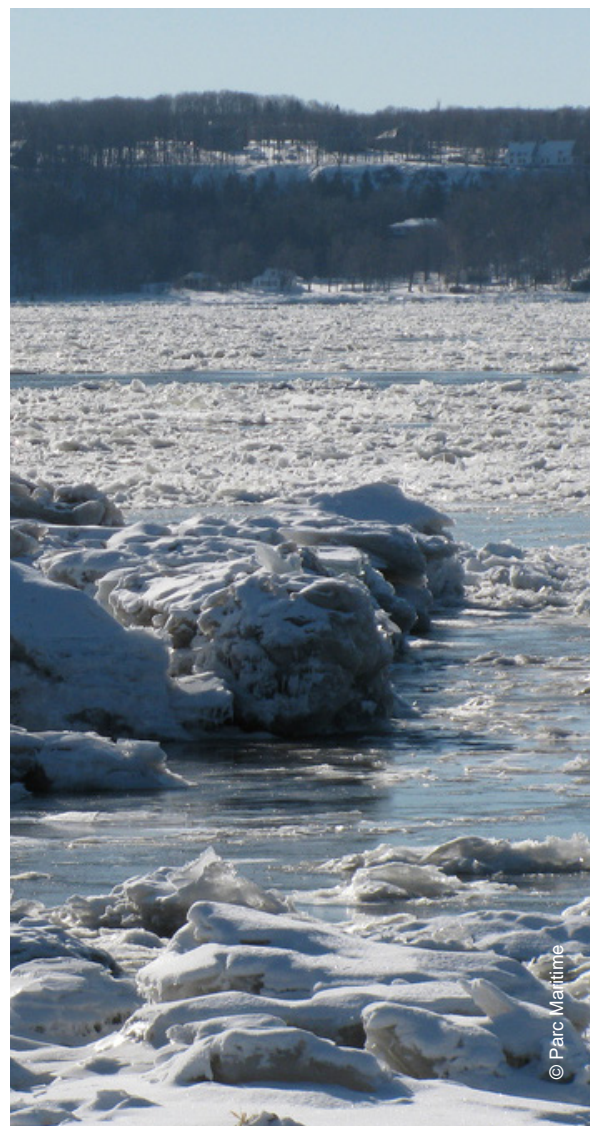
Chaque hiver, un chenal de 1200 km est sculpté le long du fleuve, offrant un passage aux bateaux. « Le premier principe d'une bonne navigation dans les glaces est de conserver sa liberté de manœuvre, car un navire pris dans les glaces est entraîné par ces dernières », dicte la Garde côtière canadienne à l'intention des navigateurs hivernaux. Les bateaux sont donc sujets à se retrouver dans des conditions très difficiles, causées par l'accumulation des glaces, les courants variables et la présence quasi constante de forts vents. Ce mélange de facteurs crée une situation délicate, où les risques d'accidents, et donc de déversements, sont accrus.

Selon Émilien Pelletier, directeur de la chaire de recherche du Canada en écotoxicologie marine, maintenant à la retraite, un déversement de pétrole l'hiver serait l'une des pires situations que pourrait vivre le Saint-Laurent. Cette situation serait hors de contrôle. Il suppose qu'un déversement pétrolier près de Rimouski pourrait s'étendre en longeant la rive sud du fleuve jusqu'à Gaspé allant même jusqu'aux Îles-de-la-Madeleine, soit une distance atteignant près de 400 km ! Le pétrole provenant de la fuite se serait donc accumulé sous les glaces jusqu'à la période de dégel.

Alors, est-ce que le pétrole est récupérable en hiver ? Le professeur Pelletier en doute fortement : « À partir du moment où le pétrole s'est immiscé dans les fractures entre les morceaux de glace et même sous la glace, il devient pratiquement inaccessible. Nous avons beau avoir en mer les équipements de récupération et le personnel, si on ne sait pas où il est, ou encore s'il est sous la glace, il est irrécupérable. [...] Dans les conditions idéales, on croit récupérer près de 20 à 30 % du pétrole déversé.

Sous la glace, cette valeur tombe sous 5 %, voire même 1 % ».

Du côté des tactiques de récupération, les discussions s'attardent uniquement aux coûts et à l'attribution de la responsabilité. Jusqu'à récemment, aucune recherche sérieuse sur le sujet n'a été financée, nous rappelle Émilien Pelletier. Il est clair que



présentement, le manque d'équipements adéquats et d'expertises ne permet pas d'atténuer la situation.

## UN INTRUS PERSISTANT

Les efforts de récupération étant vains, ces contaminants indésirables persisteront dans le milieu marin. Le pétrole serait donc un résident du fleuve jusqu'à la fonte des glaces. Mais quand il est question de pétrole, il ne s'agit pas d'un seul produit. « *Le pétrole c'est un cocktail. [...] Il contient une centaine de composés différents, avec des propriétés différentes. Les plus légers vont être plus volatils et se perdre dans l'atmosphère* », explique le professeur Richard Saint-Louis. Donc une partie des composés du pétrole serait

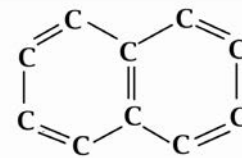
perdue dans l'air si le couvert de glace était absent, alors que le reste demeurerait dans l'eau. Il est alors question de composés persistants.

« *La plupart de ces composés ne sont pas vraiment solubles dans l'eau et vont avoir tendance à s'accumuler dans les parties les plus grasses des organismes* », ajoute-t-il. C'est pour cette raison que les êtres vivants risquent d'être contaminés par le pétrole. Le foie et les organes reproducteurs sont pleins de graisse et les hydrocarbures polycycliques (HAP) sont friands de ces organes. En hiver, avec la concentration plus élevée des contaminants, les éléments dangereux du pétrole sont plus à surveiller. Sans lumière ni oxygène, ils seront chimiquement stables dans l'environnement. Une fois immergés, ils seront transportés sur de grandes distances par les courants marins.

Le pétrole qui sera transporté par navire-citerne sur le fleuve Saint-Laurent n'est pas un pétrole conventionnel, mais un pétrole provenant des sables bitumineux, c'est-à-dire un pétrole brut semi-solide contenant du sable et de l'argile. Le bitume a la particularité d'être plus lourd que le pétrole conventionnel. Dans le cas d'un déversement dans le fleuve, ce bitume se retrouvera au fond de l'eau. De vrais boulets de goudron ! Il est donc difficilement dégradé et impossible à récupérer sans creuser le fond du fleuve. Un bris qui a eu lieu au Michigan en 2010 a causé le déversement de près de 4 millions de litres de bitume dans la rivière Kalamazoo. Les coûts de nettoyage sont montés à 700 millions et cette rivière est toujours contaminée aujourd'hui.

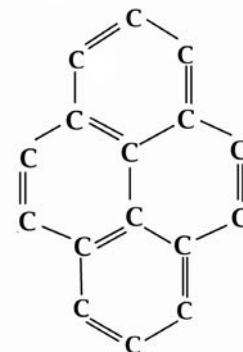
Le bitume doit être dilué afin d'être transféré et exporté par pipeline, par bateau ou par train. L'un des agents de dilution utilisés est le benzène, un gaz très toxique inodore et incolore. De plus, ce type d'hydrocarbure contient plusieurs variétés toxiques d'HAP et ce, à des taux très élevés en comparaison avec le pétrole conventionnel. Les HAP peuvent se lier à certaines protéines et à l'ADN. Cette liaison cause des modifications dans le fonctionnement de l'organisme, entraînant possiblement des dysfonctionnements, des malformations

## Les hydrocarbures polycycliques (HAP)



Naphtalène

Moins toxique



Pyrène

Plus toxique

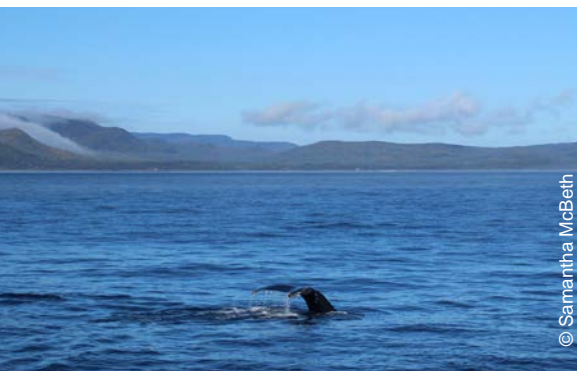
C : carbone

Les HAP représentent une famille de polluants très variée. Son nom indique qu'ils sont formés d'un anneau de six atomes de carbone. Plus il y a d'anneaux de carbone, appelé « cycles », plus la molécule sera difficile à briser et plus elle sera toxique. Les HAP peuvent aisément se déplacer au travers de l'organisme vivant et se loger dans ses graisses. Ce détail est important, car le fleuve Saint-Laurent est un écosystème nordique. Les poissons et les mammifères en particulier doivent se faire des réserves de graisse épaisses pour vivre dans ces eaux froides à l'année.

et même des cancers. Le pétrole laissera des traces de sa présence longtemps après avoir été introduit par mégarde.

## UN BUFFET NOIR

Le milieu aquatique sera étouffé par cette masse d'huile et l'habitat se verra modifié. Le pH deviendra plus acide, les poissons perdront leur souffle avec la réduction d'oxygène et plusieurs seront laissés sur leur faim, car les proies auront disparu. Malgré cela, l'impact le plus dangereux sur la santé des espèces dans le fleuve sera



© Samantha McBeth



© Remi Jouan



© NBC News



la toxicité des HAP. Ces derniers sont hydrophobes. « Pour un organisme, cela veut dire qu'ils vont s'accumuler dans ses graisses », explique le professeur Saint-Louis. « On peut penser au foie. Chez les mammifères marins, il y aura une

« **Même si on nettoie des oiseaux qui ont été souillés par le pétrole, la chance de survie de ces oiseaux approche le 0 %** »

— Jonathan Verreault

plus grande accumulation au niveau des graisses. Les métaux se retrouveront dans le foie, mais aussi dans les reins », poursuit-il.

Jonathan Verreault, professeur d'écotoxicologie à l'Université du Québec à Montréal, connaît bien les impacts que peut avoir un déversement pétrolier sur les espèces animales. Il étudie, depuis plusieurs années maintenant, les risques toxiques auxquels peuvent être exposés les oiseaux. Il ajoute que « l'on parle souvent des effets qui peuvent amener à la létalité, donc à la mort des individus, parce qu'une exposition au pétrole, que ce soit en consommant le pétrole directement dans l'eau ou par une proie contaminée ou bien en tentant de nettoyer des plumes souillées, résulte en une ingestion importante de pétrole ce qui amènera des dommages irréversibles à certains organes, comme le foie et les reins. Même si on nettoie des oiseaux qui ont été souillés par le pétrole, la chance de survie de ces oiseaux approche le 0 % ».

Et si le pétrole n'est pas directement responsable de la maladie et de la mort, les composés toxiques qu'il contient finiront par l'achever. « Même plusieurs mois après l'exposition, on voit encore les effets », souligne-t-il. HAP, benzène et autres sont encore à blâmer.

Le climat nordique du fleuve Saint-Laurent ajoute une difficulté de plus. Les conditions plus froides causent un ralentissement des fonctions corporelles chez les êtres vivants dans l'eau. En hiver, un organisme marin ne peut pas résister



© Jon Weiler

aussi efficacement à l'exposition pétrolière, conclut le professeur Saint-Louis. Il précise « qu'en général, ils vont au ralenti d'un point de vue métabolique. Donc, ils vont moins croître et moins d'énergie sera disponible pour combattre les contaminants qui ont été absorbés et qui se sont accumulés ». Sa reproduction et sa survie seront en jeu !

## UN RÉSEAU NOIR D'INTERACTIONS

Il est maintenant possible d'imaginer davantage les conséquences spécifiques qu'aurait un déversement pétrolier sur certaines espèces. Non pas une, mais plusieurs espèces seraient affectées. En réalité, les êtres vivants ne sont pas cloî-

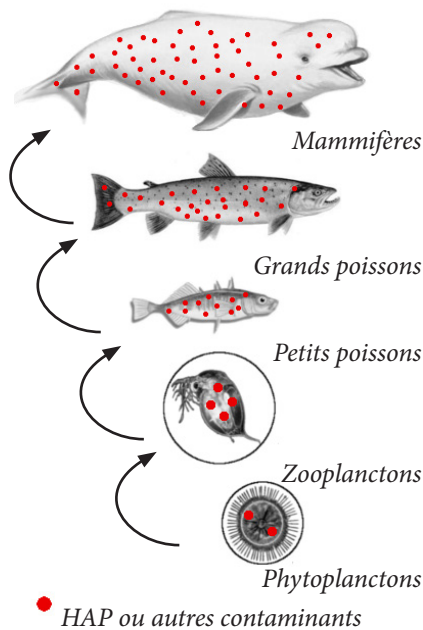
trés dans des bulles indépendantes les unes des autres. Un réseau d'une complexité surprenante relie l'ensemble des organismes entre eux et avec leur habitat. Allant de la plus petite algue à la plus grande baleine bleue, les organismes du fleuve vivent en interaction soit par leur alimentation, par compétition, par entraide, telle que la symbiose, ou simplement par leur cohabitation dans un même milieu.

Voyez l'intérieur du Saint-Laurent comme une série de « villages » pas très différents de ceux qui le longent, où chaque organisme participe à la communauté sous-marine. Certains sont touristes et d'autres sont résidents permanents. En écologie, ce concept se nomme écosystème. L'écologie des écosystèmes permet de mieux comprendre les interactions existantes. Cependant, cette organisation n'est pas immuable. Un déversement pétrolier pourrait déséquilibrer le réseau présent à l'intérieur du fleuve Saint-Laurent.

La bioaccumulation est critique lorsqu'il est question de contaminants. Ce mécanisme se produit lorsque des polluants, comme les HAP, ne peuvent être éliminés ou assimilés par l'organisme. Ils s'accumulent dans l'être vivant. Tel un effet boule de neige, il y aura bioamplification dans la chaîne alimentaire. La micro-

### Écosystème ?

Il existe différentes échelles d'observation en écologie pour mieux comprendre le monde vivant. Le terme écosystème représente la lunette permettant d'observer l'interaction entre toutes les espèces d'un milieu, ainsi qu'avec les éléments non vivants (ex. climat, sols, eau, etc.). L'échelle écosystémique est utilisée dans ce cas-ci pour observer l'interaction entre les organismes et le pétrole présent dans l'habitat.



La bioamplification

faune sera contaminée, conservera ces polluants, les transférera à ses prédateurs et ainsi de suite. Les organismes plus hauts dans la chaîne alimentaire, comme les bélugas, seront par conséquent davantage exposés aux contaminants.

Le béluga est un bon exemple pour souligner les impacts qu'un déversement pourrait avoir, considérant que la population du Saint-Laurent est sur la liste des espèces en péril. L'extinction de l'espèce reste dans les risques possibles. Il serait donc intéressant d'entrevoir davantage les conséquences que pourrait avoir une extinction.

Dans le cas de la disparition du béluga, il serait possible d'observer une cascade appelée en écologie « top-down ». Le résultat pourrait être une prolifération excessive des proies de cette espèce (ex. poisson) due à l'absence de contrôle par le prédateur. Un tel accroissement pourrait altérer l'habitat et la nourriture d'autres espèces.

La série d'exemples présentée permet de mieux entrevoir le rôle de chaque espèce dans cette toile complexe qu'est l'écosystème du Saint-Laurent. L'être humain ne représente pas une espèce exempte du réseau. Faisant partie intégrante de ce système, il subira également les impacts d'un tel évènement autant au niveau de sa santé que de son économie. Ainsi, qui sème le vent récolte la tempête. La société québécoise aura à décider si le jeu en vaut la chandelle.

## LUMIÈRE DANS LA NOIRCEUR

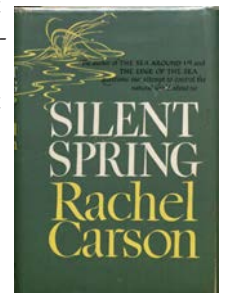
Face à cet amalgame d'enjeux, l'indifférence est inimaginable. Les citoyens doivent faire des choix et ceux-ci passent par des questionnements.

Les avantages économiques qu'engendre le transport du pétrole surpassent-ils la valeur des écosystèmes et de la santé humaine? L'exploitation du pétrole est-elle un choix durable et responsable? Devrait-on opter pour d'autres types d'énergie pour le futur?

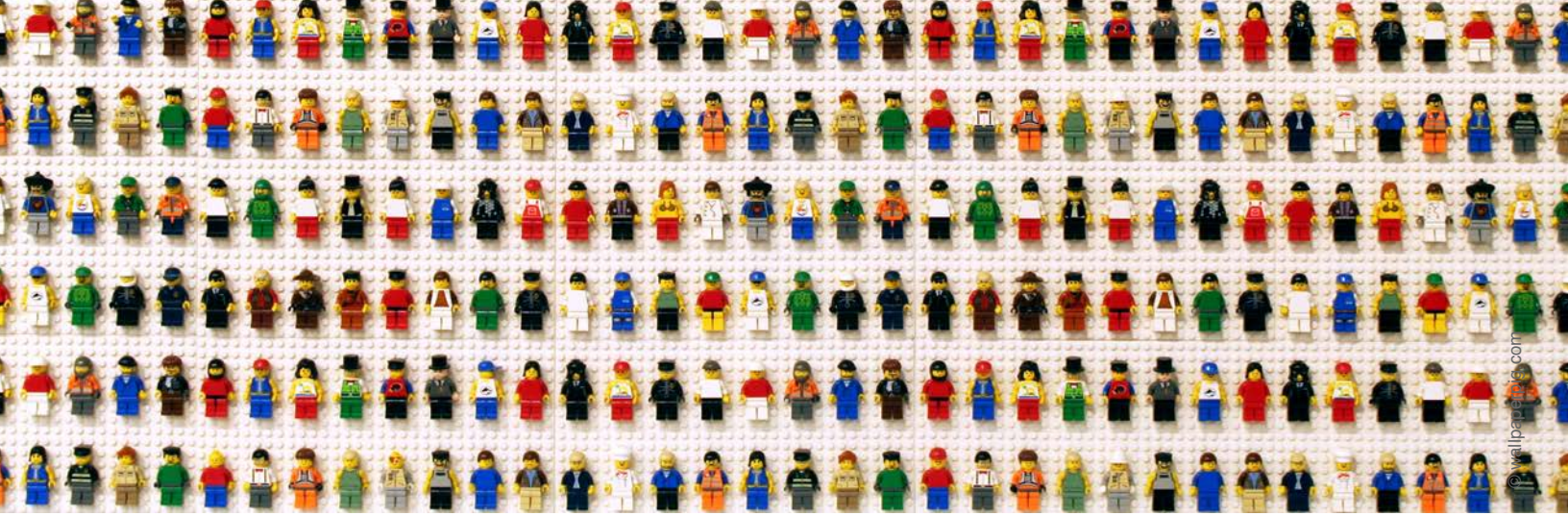
Le professeur Jonathan Verreault est catégorique : « Je pense que les évidences se

sont accumulées avec les années à cause des déversements de pétrole, que ce soit dans le golfe du Mexique avec Deepwater Horizon ou bien du Exxon Valdez. Je pense que nous avons amassé assez d'informations, de preuves et d'évidences pour conclure qu'un déversement pétrolier est néfaste pour une multitude d'espèces. On devrait considérer d'autres alternatives. D'autant plus qu'on parle de plus en plus d'énergies renouvelables, ce que le pétrole n'est certainement pas. On devrait avoir de meilleures idées, avoir une optique à long terme plutôt qu'un rendement économique à court terme ».

Les décisions autant individuelles que collectives devront tenir compte de ces aspects. Rachel Carson, écologiste et pionnière en vulgarisation scientifique, conclut dans son livre *Silent Spring* que l'humanité fait face à deux chemins. L'un d'eux est le chemin le plus fréquemment suivi et on y avance à une vitesse ahurissante pour arriver finalement à une fin désastreuse. L'autre est celui le moins emprunté, mais c'est le chemin qui assure la préservation de l'environnement. Cette route peut sembler complexe à trouver, mais une compréhension suffisante des enjeux peut la rendre plus facilement accessible. La clé est de transmettre l'information afin que nos décisions soient éclairées vers le bon port. ■







# LE VIVANT SUR MESURE,

## Promesse ou dérive ?

*Julie Pommainville, Arnaud Anselme,  
Mathilde Poulin, Karina Gisèle Mac Si Hone*

**B**ien plus forte que les organismes génétiquement modifiés (OGM), la biologie synthétique représente un champ d'études émergent qui promet de révolutionner la science telle que nous la connaissons. Regroupant deux champs scientifiques, à savoir, la biologie et l'ingénierie, cette science permet d'approfondir les connaissances en biologie, mais aussi de la manipuler afin de concevoir et construire de nouveaux systèmes et fonctions biologiques. Pensé pour la première fois il y a plus d'un siècle, mais en essor depuis seulement 10 ans, un des aspects les plus excitants de la biologie synthétique est qu'on ne sait pas encore jusqu'où elle pourrait aller. L'avènement des X-Men serait-il plus proche qu'on ne le pense? Sans nécessairement tomber dans la science-fiction, les pers-

pectives d'innovation de cette nouvelle science sont nombreuses et diversifiées. Prolonger la vie, produire une énergie renouvelable et résoudre la faim dans le monde n'en sont que quelques exemples. Mais derrière les promesses de ces nouvelles applications révolutionnaires se cache également un dilemme éthique. En effet, certains diront que la pratique de la biologie de synthèse revient à se prendre pour Dieu.

### BIENVENUE DANS L'ATELIER DE BRICOLAGE !

De manière imagée, la biologie synthétique est comme un jeu de Lego où l'on fait l'assemblage de séquences d'ADN

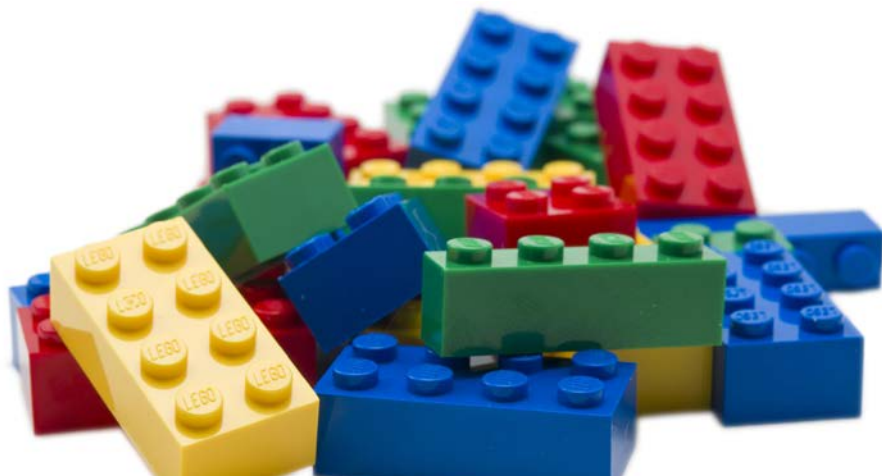
jusqu'à l'obtention d'une fonction biologique ou d'un produit biologique voulu. Le résultat devrait, au bout du compte, être autonome et accomplir la fonction recherchée. La vision des chercheurs dans le domaine est que tout organisme vivant est comme un petit robot en devenir qu'on peut reprogrammer à notre guise.

### *Comment les scientifiques font-ils ?*

L'application de la biologie synthétique se fait en trois grandes étapes : la conceptualisation, l'écriture du programme génétique et la caractérisation.

La conceptualisation est l'étape théorique de la biologie de synthèse. Cette étape va permettre aux scientifiques de modéliser le code qui sera employé pour obtenir la fonction biologique désirée.

Vient ensuite la seconde étape : l'écriture du programme génétique. À cette étape, les chercheurs vont écrire de nouvelles séquences d'ADN comme un développeur



## À ne pas confondre

Bien que ces deux domaines reposent sur la manipulation de l'ADN, on peut considérer la biologie synthétique comme la nouvelle génération d'OGM. Alors que les OGM consistent à combiner des séquences biologiques déjà existantes, par exemple insérer les gènes d'un poisson dans une tomate afin de rendre le fruit résistant au gel, la biologie synthétique, elle, utilise des séquences d'ADN qui s'inspirent de la nature, mais dont l'ADN comme tel est créé synthétiquement par une machine.

© genethalliances.org

de logiciels écrit de nouveaux codes pour l'ordinateur, à la différence que ce sont les bases azotées de l'ADN (A-T-C-G) qui servent à l'écriture du code et non des 1 et des 0. Ces séquences d'ADN ont des fonctions bien définies et sont appelées « BioBricks ». Leur création s'effectue à l'aide d'appareils de haute technologie, à la manière d'une imprimante dont les couleurs auraient été remplacées par les quatre bases de l'ADN. Pour les spécialistes du domaine, il est donc possible de réécrire des séquences complètes grâce à l'ordinateur ou, encore plus incroyable, d'en sélectionner à partir d'un catalogue de BioBricks en pleine croissance. On insère ensuite les BioBricks à la position désirée dans le génome de la cellule, comme si l'on assemblait les briques d'un jeu de Lego.

Enfin, la troisième étape est celle de la caractérisation qui va permettre de vérifier si l'organisme, une fois reprogrammé, exécute bien la fonction biologique

## Qui suis-je ?



© Eric Etbe

*Escherichia coli* (*E. coli*) est une bactérie découverte en 1885, composant 80 % de notre flore intestinale. Elle est l'organisme vivant le plus étudié à ce jour en raison de l'ancienneté de sa découverte et de sa culture particulièrement facile.

désirée, par exemple émettre de la bioluminescence.

## INGÉNIEUX, MAIS PAS SANS RISQUE !

Plusieurs chercheurs concentrent actuellement leurs recherches sur *E. coli*, et sur une multitude d'autres organismes pour développer de nouvelles applications qui pourraient complètement changer la face de notre planète.

### Des bactéries qui carburent !

Un des champs d'études particulièrement prometteurs de la biologie synthétique est la recherche de sources d'énergie alternatives. Par exemple, après avoir cloné synthétiquement un gène de luciole codant pour une enzyme appelée « luciférase », qui permet de produire de la lumière, des chercheurs ont réussi à l'incorporer dans le génome d'*E. coli*. Cette manipulation a permis à la bactérie d'émettre une bioluminescence perceptible à l'œil nu. Ces bactéries pourraient bien, dans un futur pas si lointain, remplacer toutes les ampoules traditionnelles qui consomment et contribuent, chaque année, énormément à la pollution.

La possibilité de remplacer les sources d'énergie fossiles par des sources plus écologiques, économiques et durables est une autre problématique à laquelle les chercheurs se sont attaqués. Après le carburant à base de canne à sucre, de maïs, ou encore d'huile de friture vient celui produit par *E. coli* ! En recourant aux méthodes de biologie synthétique et d'ingénierie métabolique, les chercheurs ont réussi à faire produire à la bactérie du carburant. Cette idée pourrait révolutionner l'industrie énergétique. Fini le forage, la destruction d'écosystèmes et les dégâts environnementaux !

Tous ces projets, aussi insolites qu'innovateurs, semblent très prometteurs, mais les menaces encore inconnues ne sont pas à exclure. L'utilisation de microorganismes comporte plusieurs risques, car ces organismes sont capables de s'autoréplicier et donc d'évoluer très rapidement.

De plus, lors de leur création, ils ont été soumis à un nombre limité de variables alors qu'une fois hors du laboratoire, ces paramètres seront beaucoup plus nombreux. L'incertitude de la réponse de ces organismes une fois relâchés en nature représente un risque pour l'environnement ou la santé publique, surtout s'il y a insertion de gènes virulents ou de toxines. Utilisé à mauvais escient, cela pourrait même constituer une nouvelle menace terroriste.

### Une médecine qui profite

La biologie synthétique promet également de grandes avancées dans les domaines pharmaceutiques et médicaux. Un exemple actuel est celui du paludisme (malaria) qui est une maladie infectieuse causant le décès de plusieurs milliers de personnes annuellement. Un traitement efficace contre la maladie a été développé grâce à l'artémisinine, prélevée à partir d'une plante dont la culture instable a mené à une pénurie en 2004. Le bioingénieur Jay Keasling, a eu l'idée de faire produire à une souche de levure de l'acide artémisinique par l'intermédiaire d'une BioBrick. Depuis 2013, une usine établie en Italie permet de produire annuellement des dizaines de tonnes d'acide artémisinique, soit l'équivalent de plusieurs dizaines de millions de doses du traitement. Mais avec la production industrielle, pourrait survenir l'appât du gain. De grandes multinationales pourraient s'approprier le monopole de la production d'artémisinine ou d'autres composés présents dans la nature et les rendre ainsi payants. De plus, de



© perezartplastiques.com

Des bactéries bioluminescentes pour remplacer les ampoules traditionnelles.





© Holly Steinkraus



© daillygeekshow.com

nombreux agriculteurs travaillant à l'exploitation de ces ressources pourraient perdre leur emploi ou souffrir d'une concurrence avec les grandes multinationales.

### Spider-cochon démodé ?

D'autres applications de la biologie synthétique semblent tellement saugrenues, qu'on les croirait tout juste sorties d'un film de science-fiction. À l'Université de l'Utah aux États-Unis, des chercheurs ont réussi à modifier génétiquement des chèvres avec des gènes d'araignées, leur permettant de produire du lait conte-

nant des protéines similaires à celles de la soie d'une toile. La compagnie Nexia Bio-technologies a longtemps été la seule à pouvoir extraire les protéines de toiles d'araignées du lait des chèvres. Avec celles-ci, ils ont pu créer un matériau très résistant appelé « Biosteel ». Ne pouvant pas en produire en quantité suffisante pour être commercialisée, l'entreprise ferma ses portes en 2005.

Plus récemment, l'artiste Jalila Essaïdi travaillant en collaboration avec un laboratoire de génétique, a eu l'idée de combiner ces protéines avec du tissu de peau humaine. En faisant cette combinaison, le tissu humain est devenu résistant aux balles. Un vrai gilet pare-balles à l'allure de chair ! On peut même entrevoir la possibilité d'utiliser ce produit pour créer des ligaments ou des tendons artificiels, ce qui pourrait contribuer à améliorer la médecine.

Le fait de pouvoir modifier des caractéristiques humaines soulève de grandes inquiétudes dans le monde scientifique. Modifier l'être humain ? Lui donner des caractéristiques bien particulières ? Le débat sur la légitimité d'apporter des modifications sur l'être humain a déjà été soulevé par le passé, mais l'arrivée de la biologie synthétique et des applications démesurées qu'on peut en faire rend ce questionnement encore plus indispensable. La moralité d'apporter ces modifications sur d'autres espèces vivantes est également à soupeser. Est-ce que reprogrammer des organismes à notre bon vouloir ne revient pas à considérer ces êtres vivants comme des machines ? Utiliser des bactéries semble plus acceptable, mais est-ce toujours tolérable lorsque l'on arrive à manipuler des mammifères ?

Tout ceci permet de confirmer le fait que la biologie de synthèse est encore une technique émergente, dont tous les risques et les enjeux n'ont pas encore été évalués. L'avènement de cette nouvelle science pourrait même venir bouleverser des processus naturels vieux comme le monde.

## UN PASSÉ VERS LE FUTUR

Des chercheurs proposent d'utiliser la biologie synthétique comme stratégie de conservation ou pour ramener des espèces disparues à la vie. Alors que de tels projets ont déjà été évoqués en utilisant les techniques de clonage, on pourrait aujourd'hui recréer synthétiquement l'ADN de ces espèces en laboratoire. Certains proposent de redonner vie à des espèces disparues récemment alors que d'autres vont plus loin encore en proposant l'idée extravagante de ressusciter les mammouths ou l'Homme de Néandertal.

## ET L'ÉVOLUTION DANS TOUT ÇA ?

L'évolution, comme le décrit Charles Darwin dans son livre *De l'origine des espèces*, fait référence à une sélection naturelle, dans laquelle les individus ne possédant pas les caractéristiques nécessaires pour survivre et se reproduire efficacement dans leur environnement disparaîtront. Ce mécanisme explique l'adaptation à l'environnement qui résulte au fil des générations. Mais en quoi la biologie synthétique pourrait-elle être un problème ?

Il est vrai que la sélection naturelle est basée sur le principe de variation génétique. En « s'amusant » ainsi à manipuler le vivant et son génome, il est possible d'interférer avec ce mécanisme. On pourrait peut-être ici d'évolution dirigée. Sans vous en rendre compte, vous y participez déjà ! L'exemple le plus commun est tout simplement celui du chien. Il faut savoir qu'il y a plusieurs milliers d'années, le chien et le loup n'étaient qu'une seule et

## Saviez-vous qu'il existe une bibliothèque de gène ?

Depuis les débuts de la biologie biosynthétique, les chercheurs ont conservé toutes les informations des BioBricks de manière numérique dans une base de données en ligne. Cela permet aux chercheurs du monde entier de bénéficier de ces archives génétiques et d'avancer plus rapidement dans leurs recherches.



© thecable.net

## Garde-fou

De nouvelles bases azotées inexistantes dans le code génétique ont été synthétisées par les scientifiques. C'est ce qu'on appelle la xénobiologie. L'ajout de ces bases artificielles à l'alphabet génétique d'un organisme permet de prévenir sa propagation involontaire dans l'environnement. Les bases azotées synthétiques ne se retrouvant normalement pas dans la nature, elles devraient ralentir et rendre non fonctionnel l'organisme modifié, en l'absence des conditions contrôlées en laboratoire.

même espèce. En côtoyant les individus les plus dociles et en les apprivoisant, l'Homme a commencé à sélectionner certains caractères chez les individus, soit les plus doux, les plus beaux, ou encore les plus amicaux. Avec les nouvelles avancées de la biologie, on mime en quelque sorte le principe de la sélection naturelle, mais de façon accélérée en attribuant artificiellement une caractéristique ciblée chez l'individu plutôt que de laisser l'évolution faire son travail.

Dans un monde façonné au bon vouloir de l'Homme, le problème est que la sélection naturelle, et donc la survie des espèces reposant sur la diversité génétique, serait menacée. En créant de nouveaux individus d'une façon prédéterminée, l'éventail de diversité se rétrécit considérablement. Une misère d'un point de vue évolutif! Un autre risque est que ces systèmes développés peuvent être

imprévisibles. Les organismes synthétiques pourraient muter et développer des fonctions inattendues, perturber l'ensemble de l'écosystème par compétition ou infection et pourraient même causer l'extinction d'espèces. Ils pourraient avoir la capacité de bien s'établir dans un milieu, devenir envahissants et ensuite devenir impossibles à éliminer.

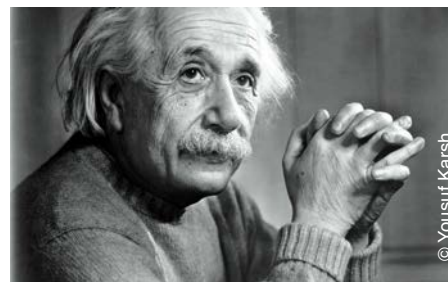
## REGARD VERS LE FUTUR

Les possibilités de la biologie de synthèse semblent tellement alléchantes, qu'il est tentant de se laisser aveugler par l'appât du gain. Certaines idées sont plutôt farfelues, comme celles de remplacer les lampadaires par des arbres bioluminescents ou de faire excréter aux pigeons du savon pour transformer ces pollueurs en nettoyeurs urbains. Imaginez-vous pouvoir choisir l'apparence de votre enfant?

Mais d'autres avancées dans cette discipline pourraient apporter des solutions à certaines des plus grandes problématiques actuelles. Pensons par exemple à la bioremédiation, où des organismes spécialement créés pourraient être utilisés pour décontaminer l'air, l'eau et les sols pollués. En médecine, la perspective de synthétiser des bactéries capables de s'attaquer aux tumeurs pourrait représenter un traitement efficace contre le cancer. En dépit des bénéfices potentiels, plusieurs personnes du monde scientifique

« *L'Homme et sa sécurité doivent constituer la première préoccupation de toute aventure technologique.* »

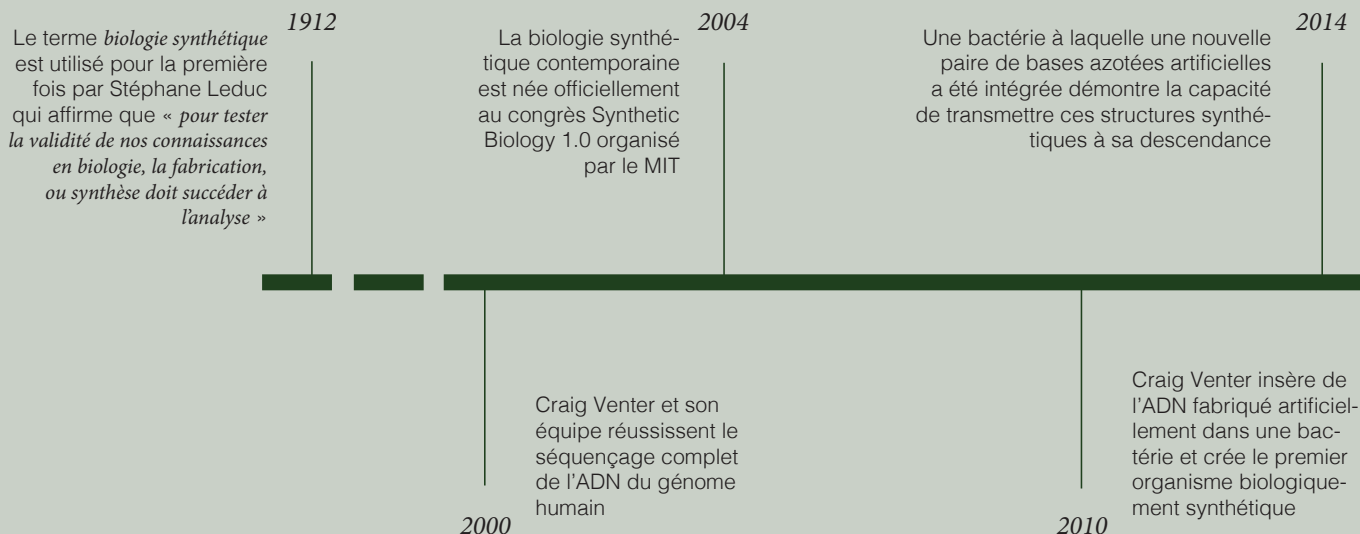
— Albert Einstein



© Yousuf Karsh

appellent à la prudence. Albert Einstein a déjà dit : « *L'Homme et sa sécurité doivent constituer la première préoccupation de toute aventure technologique* ». Domaine encore jeune, la biologie de synthèse soulève aussi des interrogations d'ordre éthique en plus de présenter plusieurs risques encore mal connus. En effet, nous ignorons l'impact sur l'environnement qu'auront ces nouveaux organismes synthétiques appelés à sortir du laboratoire tôt ou tard. Qu'on soit pour ou contre, la révolution a déjà commencé et les travaux qui seront réalisés dans les prochaines années nous apprendront si les avantages dépassent les inconvénients. La biologie synthétique pourrait bien s'avérer être la raison de notre salut ou la cause de notre perte. ■

## Un brin d'histoire...





# Le .BIO | REMERCIEMENTS

## Ce jardin de connaissance

*Le Point biologique* est comme un jardin de connaissance. Nous, membres du comité de la revue, sommes les jardiniers qui lui permettent de se renouveler d'année en année. Mais nous ne pourrions pas apporter l'entretien et les soins que requiert ce jardin sans l'aide de précieux collaborateurs.

### MERCI À :

**tous les membres de la 8<sup>e</sup> édition** de nous avoir laissé le jardin en si bon état et d'avoir su faire naître en nous la motivation nécessaire à son développement ;

**tous les auteurs** d'avoir soumis vos articles. Vous avez semé les graines qui ont contribué à la diversité du jardin, diversité qui en fait sa beauté ;

**tous les membres du comité de sélection** d'avoir donné de votre temps et expertise pour récolter des plants parmi cette diversité ;

**Diane Carreau** pour l'authenticité de vos conseils, votre patience et votre sagesse. Vous avez fourni l'eau et le soleil indispensables à l'établissement et à la croissance de notre jardin ;

**nos partenaires financiers** de nous avoir fourni les outils et l'engrais nécessaires à un jardinage de qualité ;

**Monique Boily et Denis Flipo** d'avoir donné un sens à ce jardin qui, comme le pollen transporté par les abeilles, permet la diffusion de l'information ;

**Marc-Olivier Beausoleil, Patrick Nadeau et Catherine Petel-Langevin** pour vos conseils et votre temps. Votre fibre artistique et votre sens de l'esthétisme ont illuminé ce jardin comme les couleurs éclatantes de fleurs au printemps ;

**vous chers lecteurs**, d'avoir pris le temps de découvrir les allées de notre jardin. Nous espérons que vous avez apprécié la promenade et que vous aurez le goût d'y revenir l'année prochaine.

Le Comité de la 9<sup>e</sup> édition du *Point biologique*



## LE BACCALURÉAT EN BIOLOGIE EN APPRENTISSAGE PAR PROBLÈMES

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

### ÉCOLOGIE

### BIOTECHNOLOGIE

### SANTÉ

### ENVIRONNEMENTALE ET TOXICOLOGIE

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

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